

مواقف حاسمة في تاريخ العلم
تأليف
چيمس ب. كونانت
ترجمة
الدكتور أحمد زكى

مَوَاقِفُ حَاسِمَة فى تاريخ العِلْم

نشر هذا الكتاب بالاشراك

مع

مؤسسة فرانكلين للطباعة والنشر

القاهرة ـــ نيويورك

الطبعة الأولى أغسطس سنة ١٩٥٤

الطبعة الثانية أكتوبر سنة ١٩٦٣

مواقف حاسمة فى تاريخ العلم

تأليف

چيمس ب. كونانت

رئيس جامعة هارفارد السابق

ترجمه وقدم له ووضع هوامشه

الدكتور أحمد زكى

مدير جامعة القاهرة السابق



دار المعارف

١٩٦٣

ملتزم الطبع والنشر : دار المعارف – ١١١٩ كورنيش النيل – القاهرة ج. ع. م.

قائمة المحتويات

صفحة

الباب الحادى عشر

صفحة

الباب الثانى عشر

مقدمة المترجم

أتقدم للقارئ فى هذه المقدمة بثلاث كلمات : كلمة عن المؤلف ، وكلمة عن الكتاب ، ثم كلمة عن الترجمة .

* * *

أما عن المؤلف فهو الأستاذ الدكتور جيمس ب . كونَانت ، رئيس جامعة هارڤارد ، من عام ١٩٣٣ إلى عام ١٩٥٣ . وهارڤارد من أقدم جامعات الولايات المتحدة وأكبرها وأبعدها ذياعة صيت . ثم كان المندوب السامى الأمريكى لألمانيا الغربية ، اختاره لهذا المنصب أيزنهاور ، رئيس الولايات المتحدة . وفى إدخال رجال العلم هكذا إلى مناصب السفراء ، بله الحكام ، معنى لا يخفى على المتتبعين لتطورات الأمور فى هذه العصور الحديثة .

ولد الرجل بولاية ماساشوستس ، من الولايات المتحدة ، حيث توجد جامعة هارڤارد . ولد عام ١٨٩٣ . وتعلم فى هارڤارد . ونال درجاته العلمية منها ، ومن هذه درجة دكتوراه فلسفة Ph. D ، نالها عام ١٩١٦ . ونال من بعد ذلك درجات للشرف أخرى من جامعات أمريكية وغير أمريكية . بدأ حياته معلماً للكيمياء . ثم صار رئيس قسم الكيمياء بجامعة هارڤارد عام ١٩٣١ . ولم تمض عليه سنتان فى هذه الرئاسة حتى استدعى للرئاسة الكبرى ، رئاسة تلك الجامعة . وكانت له خدمات عامة جليلة أخرى

منها رئاسة معهد ركفلر ، ورئاسة مجلس الوصاية على أموال كرنيجى لتقدم التعليم . وهو عضو فى جمعيات كثيرة .

وهو مؤلف لبضعة من الكتب الفنية فى الكيمياء وفى العلوم عامة . ومن مؤلفاته هذا الكتاب الذى بين أيدينا . وقد بيع منه فى الولايات المتحدة إلى اليوم فوق الـ ١٥٠,٠٠٠ نسخة ، بنسبة نسخة لكل ألف من السكان . فلو أن الظروف تشابهت ، والحاجات تقاربت ، لوجب أن يباع منه فى مصر والشرق العربى ٤٠,٠٠٠ نسخة .

* * *

أما عن الكتاب فقد كتب للناس عامة . كتب للمعلم والمهندس والطبيب ، وكتب للمحامى وللقاضى والأديب ، وكتب لرجل الزراعة ورجل التجارة والصناعة ، ولرجل الإدارة . إنه كتب لكل مواطن فى كل وطن من أوطان هذه الدنيا الحديثة قام العلم الحديث فيه عماداً لكل ما يجرى فيه من شئون هذا العيش . وكتب ليفهم كل هذه الطوائف ما العلم ، فى عصر ملك العلم فيه زمام كل شىء ، فملك وسعة الحياة وضيقها ، وملك سعادتها والشقاء ، وملك حتى الوجود والفناء .

ولقد سلك المؤلف فى سبيل إفهام الناس ما العلم سبلا عدة :

منها أنه اختار أحداثاً كبرى فى العلم . . . مواقف حاسمة انجلت عن فتوحات فى العلم عظمى فأخذ يصف كيف وقعت ، وأى العقبات الفكرية التى كانت قائمة فى عصرها تخطت أو تنكبت ، وكيف هى إلى الإزهار فالإثمار تدرجت . وهو يضرب من ذلك الأمثال بما هو أمس الأشياء بالناس ، الهواء ، كيف انكشف ضغطه ، وكيف انكشف

بالقياس على شتى الارتفاعات تدرجه . وهذا البحر الهوائى الذى يحيط بسطح هذه الكرة ، هذه الأرض ، كيف شابهت فيه الضغوط نظائرها فى بحر الماء ، وكيف خالفت .

ومن كشف الضغط ، ضغط الهواء ، ينتقل إلى علاقة بين ضغطه وحجمه ، نعرفها اليوم عرفان اليقين . وما كانت بذلك . ونصوغها اليوم فى قانون أسميناه قانون بوييل . وهو يصف ما قام فى سبيل كشفها من صعوبات عملية ، وأخرى فكرية . وكيف خرج منها بعد ذلك البارومتر . وهو يدرج فى كل ما يصف مدرج القصّاص ، وهو يؤرخ الأفكار ويؤرخ الناس .

وقد يخرج قليلا عما يقص لينتحى بقارئه ناحية يذكر له فيها كيف لعبت المصادفة المحضة دورها فى بعض الكشوف ، فكأنما جاءت لتقف أمام أعين كاشفيها ليروا ، أو لتدق عند آذانهم ليسمعوا . ويذكر من ذلك كيف كان كشف الكهرباء مصادفة ، وكشف الأشعة السينية مصادفة ، وكشف غازات الهواء النادرة ، كالهليوم والنيون والأرجون ، مصادفة . .

ثم هو يعود إلى قصة الهواء ليستتمها ، فيصف كيف دُرس اشتعال الأشياء فيه ، وكيف أخطأ فهم الدرس دارسوه . وكيف اشتبك العلماء وتطاحنوا دهراً ، بل قل قرناً ، وبقوا فى عماهم لا يهتدون . ثم يشاء الله أن تتفتح أعينهم على الحق فى الهواء ، واشتعال الأشياء فيه ، فى الوقت الذى تتفتح فيه أعين الخلق على معنى الحرية ، بقيام الثورة الفرنسية . فيكون من الحدث الأول مولد الكيمياء الحديثة ، أولدها الكيماوى الفرنسى

لافوازييه . ويكون من الحدث الثانى مولد الديمقراطية ، أولدتها الصدور المكروبة والدماء المسكوبة . ويقهقه القدر وهو يجمع بين الحدثين جمع اختلاف ما كان ليأتلف أبداً . فتقوم الثورة ، أم الحرية ، تقطع بالجيلوتين رأس لافوازييه ، أبى الكيمياء الحديثة كما نعرفها اليوم .

ومن الحقل الطبيعى ينتقل المؤلف إلى الحقل الحيوى ، ليضرب منه الأمثال ، ويصف فيه الحاسم من المواقف . ومما وقف عنده من ذلك ، فأطال وقوفاً ، كيف كشف المكروبَ رجاله . وما كان كشفاً سهلا . كان كشفاً تعثّر فيه الفكر طويلا كما تعثّر فى الهواء .

ويقف المؤلف فيما يروى لنا قليلا ليتحدث عن الحيدة فى العلم والنصَفة عند العلماء . يتحدث عنهما ليهزأ بهما ، وليقول إن العلماء كبعض الناس ، فيهم أهواء ولهم ميول ونوازع . وإن تكن عندهم حيدة فهم يخلعونها عند أبواب معاملهم . وإن تكن هناك حيدة صارت عندهم فى المعامل عادة ، فقد بذر بذورها الأولى فى القرون السالفة القديمة أهل الفكر من كل ضرب ، والفلاسفة والأدباء ، لا العلماء . ثم هو يأخذ يصف دنيا العلم الحاضرة ، وما فيها من ترابط بالجمعيات ، وترابط بالمجلات ، وترابط بالذوات ، وإن كشفاً يقع فى جانب من جوانب الدنيا لا تلبث أن تتجاوب به فى جوانب الأرض الأصداء . ثم هو يربط كل هذا بالحيدة العلمية التى جاءت فرضاً على كل عالم يعمل فى أى حقل من حقول العلم ، بسبب امتداد هذا النظام على كل الحقول ؛ وما كان منه من هيمنة على العلماء وسيطرة هى اختيار فى حكم اضطرار .

ثم يدخل المؤلف فى علم الأرض وطبقاتها ، فى الجيولوجيا ، ويقارن

بينها وبين التاريخ . ويذكر ما يصح فى التاريخ وما لا يصح ، وما لا بد أن يبقى الإنسان منه فى ريبة دهراً . وهنا يمس الدين ، الذى هو دينه ، مساً رفيقاً ، بحسبانه بعض التاريخ ، فيكشف عما يكشف عنه الباحثون فيه ، من كشوف ، هى ككشوف الآثار ، جديدة . وقد يرضى عنه القارئ أو لا يرضى . ولكن من المحقق أنه سوف يخرج منه بكسب عقلى لا شك فيه . وقد يجد فيه المؤمنون كثيراً من راحة وطمأنينة .

ثم هو يدرس علاقة ما بين الصناعات التى نشأت بالخبرة والعلم الحديث ، فيجد منها ما سبق العلم الحديث ، ويجد منها ما خلقه العلم ، فالعلم سابقه . ويصف كيف يغزو العلم الصناعة ، وتغزو الصناعة العلم ، فى أيامنا هذه .

وهو لا يفوته أن يذكر العلم فى الدولة ، فيحدد واجب هذا نحو هذه ، وواجب هذه نحو هذا .

ولست بمستطيع تعداد كل ما قال الرجل النابه وما هدف إليه ، فهو قد قال الكثير وهدف إلى الكثير . ولا سبيل إلى معرفة كل هذا إلا بقراءة الكتاب . وهى قراءة يبدأها القارئ فيحسب أن بينه وبين الكاتب نزاعاً ، ثم هو يزيد قراءة فيقل نزاعاً ، ويزيد اطمئناناً ، ويزيد إيماناً بما يقول الكاتب . ذلك أن الكاتب له آراء مبتكرة ، الكثير منها الجديد الذى يدغدغ الفكر ، فيقف عنده مترقباً متوثباً ، ثم هو يتخاذل عن رضاً . وهو من أجل هذا كان هذا الكتاب من الكتب التى تقرأها فيبقى لها فى نفسك آثار وأعقاب ، وتدخل إلى رأسك معان منه قائمة باقية لم تكن فيه ، تصير من محصول فكرك الدائم .

ولقد وددت لو ترك المؤلف الأبواب الثلاثة الأولى فلم يتناولها إلا بعد أن يكون قد تناول سائر الأبواب . إنها أبواب ثلاثة ممتعة حقًّا تتناول تقاليد البحث العلمى ، وتتناول العلم منشطاً فى العالم منظماً . وتدخل فى معنى الصور الذهنية والمشروعات التصورية ، والفروض والنظريات ، وفى نظرية المعرفة ذاتها . وهى موضوعات خلتُ — مصيباً أو مخطئاً — أن القارئ قد يكون أقدر على استيعابها بعد قراءة سائر الكتاب .

والمؤلف لم يسم كتابه « مواقف حاسمة فى تاريخ العلم » ، وإنما هو سماه فى طبعة : « فى سبيل العلم » ، وسماه فى طبعة أخرى : « العلم ورأى السواد من الناس » . ولكنه فى نص الكتاب ذكر أنه إنما يصف من العلم مواقف حاسمة . ومن هذه اشتققت اسم الكتاب . وهى مواقف حاسمة فى تقدم العلم لا شك فيها .

* * *

ولقد رأيت أن أؤرخ للعلماء ورجال التاريخ ، من أقدمين ومحدثين ، الذين ذكرهم المؤلف فى كتابه استتماماً للفائدة . كذلك علقت بالتفسير على بعض المصطلحات وبعض المعانى التى قد تستبهم على بعض القراء . فكل ما فى هوامش الكتاب لا تبعة على صاحب الكتاب فيه .

* * *

أما الترجمة فقد ذهبت فيها ، على الدقة الزائدة ، مذهب التحرر ، وجنحت فيها إلى النفع إذا هو عارض التقليد . وكان لابد فى كتاب يحكى عن العلم كهذا من ابتداع كلمات ، فابتدعتها ، فوجدت من الفائدة أن أذكر إلى جانبها لفظها الإنجليزى لفائدة من عرف وألف اللفظ

الإنجليزى . كذلك أسماء الأعلام ، وضعت إلى جانبها لفظها الإنجليزى لأننا إلى اليوم لم نتفق على هجاء الأسماء الإفرنجية كيف يكون ، والاسم الإنجليزى نافع لمن يريد الرجوع إلى المراجع الأعجمية ليزداد منها علماً .

والله ولى التوفيق .

أحمد زكى

مقدمة المؤلف

فى عام ١٩٤٦ كان لى الحظ السعيد فى إلقاء مجموعة من المحاضرات فى جامعة « ييل » (Yale)، هى محاضرات « تِرِى » (Terry) . وفى هذه المحاضرات عملت كل ما يمكن عمله لإفهام الناس من شئون العلم فوق ما فهموا ، أولئك الذين ليس فى نيتهم أن يتخذوا من العلم مهنة ، وكل ما عندهم من العلم ، على أحسن تقدير ، أشياء تلقوها فى برنامج ، أوبرنامجين فى كلية . والحل الذى اهتديت إليه لهذه المسألة التربوية ، على بساطتها وعلى صعوبتها ، يمكن تلخيصه فى اقتراح بتدريس أصول « الاستراتيجية والتكتيك العلمى » بوساطة سلسلة من تواريخ وقائع ، يعرضها العارض ويفسر ما جرى فيها من ذلك . ولأوضح ما عنيت اضطررت إلى الإتيان بالقليل من الأمثلة البسيطة ، أحدها ما كشف « روبرت بوييل » من أمور الهواء ، وآخر ما كشف « ڤلتا » فى الكهرباء وثالث عن الثورة الكيماوية المتصلة باسم « لاڤوازييه » . ثم خطر لى أن أجمع هذه الحالات الثلاث ، على ما بها من تعجل واختصار ، وأن أضيف إليها آرائى الخاصة التى تتصل باستراتيجية العلم وتكتيكه ، وأن أعرضها على الجمهور فى صورة كتاب صغير ، نشر فعلا ، وأسميته « فى فهم العلم . تفسير تاريخى له » (On Understanding of Science)

(A Historical Approach) فلما عرضت مسألة إعادة طبع هذا الكتاب من أشهر سلفت ، ظهر لى أن الكتاب فى حاجة إلى شيء أكثر من تنقيح . إن الكتاب فى طبعته الأولى هدف إلى غايتين . فأول هدف هدفت إليه هو أن أعطى القارئ العام بعض فهم لطرق العلم ، وثانى الهدفين هو أن ألخص لمدرس الكلية كيف يصنع فى حمل بعض المعارف إلى طلابه . فلو أنى أردت أن أزيد مقترحاتى فى تعليم العلم لغير العلميين بحثاً ، إذاً لوجب علىّ أن أعرض لما حدث فى السنوات الخمس الأخيرة فى هذه البلاد فى تعليم العلم بالمدارس ، وهذا يؤدى بى إلى ذكر ما وقع فى هذه الناحية من تقدم ، وهو ذكر لا يتم إلا بمناقشة لا لذة لأحد فيها خارج نطاق التعليم ولغير رجال هذه المهنة . هذا من جانب . ومن جانب آخر كانت خبرتى اتصلت ببرنامج ظل ثلاث سنوات يُعطى لطلبة ما دون درجة البكالوريوس فى جامعة «هارڤارد» (Harvard) ، وهو جزء من مشروع يهدف إلى إعطاء شيء من العلوم الطبيعية لمن لم يتخصصوا فيها ، لقصد ثقافى بحت. وكان من أمر هذه الخبرة أنها غيرت من آرائى بعض الشئ ، وزادت أمثلتى من الوقائع العلمية التاريخية زيادة كبرى .

من أجل هذا رأيت ألا أنقح هذا الكتاب الصغير وألا أزيد فيه بتوجيه الخطاب به إلى نوعين من القراء مختلفين . وبدلا من ذلك رأيت أن أكتب كتاباً أكبر كثيراً عن المناهج العلمية ، أوجه فيه الخطاب إلى القارئ العام . وقد أبقيت فى هذا الكتاب على تلك الأجزاء من الكتاب القديم التى ظلت متصلة بهذا البحث حتى بعد تغييره وتحويره . أما المسائل التى تتصل بتعليم العلم فلم أكد أبقى على شيء منها . وكل من يهتم

بمعرفة ما جرى لبرنامج خصّص للمستجدين فى الجامعة بقصد إعطائهم فهماً للعلم والعلماء، عليه أن يقرأ كتاب (Case Histories in Experimental Science) . إن هذا الكتاب الحـــاضر يجرى متوازياً بعض الشىء مع ذلك البرنامج على الصورة التى اتصلتُ به عليها ، ولكنه لا يعطى صورة كاملة عما جرى . ومع هذا فإنى أرجو أن يعطى هذا الكتاب ملخصاً كافياً للمواطن المزدحم بالعمل عن كيف يجرى العلماء فيما هم فيه من مسالك العلم .

إن الطريقة التى يعرض بها العارض أمراً على الجمهور تختلف حتما كل الاختلاف ،عن طريقة يعرضه بها على فصل من طلبة بجامعة . إن قول من قال « إن التربية هى كل ما يتبقّى للمرء بعد أن ينسى كل ما عـَرف » يدل على قسوة فى الدراسة واجبة ، لولاها لكانت دروس الجامعات سطحية التأثير فكأنها محاضرات تُلقى فى ناد نسائى . ولكن القارئ العادى غير الطالب ، فطريقة العرض له تختلف عن تلك اختلافاً كثيراً . والذى يـُعرَض عليه لا يكون إلا ملخصاً مختصراً ، وهو لو أراد أن يستزيد ليملأ ما يكون فى الذى حُصِّل من فجوات ، فهو مستطيع ذلك بمجهوده الشخصى ، وذلك عن طريق التحدث إلى الخبراء ، أو عن طريق الكلمة المطبوعة .

إن كل ما فى الأبواب التى بهذا الكتاب ، عدا ما فى الباب العاشر (دراسة الماضى) ، هو فى جوهره ما ألقيته أكثر من مرّةعلى طلبة ما قبل الدرجة . وإذاً فلا حاجة بى إلى القول بأنه نتيجة لهذه الخبرة النافعة قد غيرت من آرائى ،، وحوّرت من أسلوبى وطريقة عرضى

تحويراً كبيراً . وفعلت هذا أكثر من مرّة . فهذا الكتاب إذاً يمثل أثر الطالب فى المدرس . وهو يمثل أكثر من ذلك أثر جماعة من مدرسين فى مؤلفه . ذلك أنى فى أكثر تلك السنوات الأكاديمية الثلاث التى ذكرت كنت أنتهز فرصة الغداء فأجتمع بمن أعانونى فى هذا البرنامج فأحادثهم فيه . وإلى هذا النقاش يُعزى كل جديد فى هذا الكتاب لم يكن فى سابقه . ومن البين أنى لا أستطيع أن أرد هذا الفضل مجزءاً إلى كل من أسداه. وسيجد كل واحد من هذه الجماعة فى هذاالكتاب الجديد ما لا يرضاه رأياً ، على هذا دلت حرارة المناقشات التى دارت . ومن الأمور التى ذكرتُ ما لا يمكن أن يكون فيه إجماع فى الرأى . ومع هذا فأنا معترف للجميع بالفضل ، جملة وفرادى . لهذا أنتهز هذه الفرصة لأعبر فيها عن عرفان الجميل للأستاذ أوون(Gwilym E. Owen)بكلية أنطاكية (Antioch) ، وللأستاذ « رولر» (Duane Roller) بكلية«واباش» ، وللأستاذ المساعد «وطسن » (Fletcher G. Watson) بجامعة هارڤارد وللأستاذ المساعد ناش (Leonard K. Nash) بجامعة هارڤارد ، وللدكتور « كون » (Thomas S. Kuhn) بجامعة هارڤارد ، وللدكتور « كلارك » (Charles L. Clark) وللدكتور «جروس » (Eugene P. Gross) .

ومشروع هذا الكتاب كله الذى بدأته من أربع سنوات ما كان ليكون لولا مساعدة نلتها من شاب نابه مؤرخ للعلم هو الأستاذ المساعد « كوهين» (Bernard Cohen). فقد استمر يعطينى من عونه طيلة السنوات الثلاث الماضية . وإنى أشكر للمستر رولر(Duane H.D. Roller) معونتى فى تحضير مسودات الأبواب التسعة الأولى . وأخيراً ، وليس

آخـــراً ، أهدى الشكر لزوجـــتى ، جريس رتشاردز كونانت (Grace Richards Conant) لمعونتى فى المسودات وفى قراءة تجارب الطبع .

چيمس بريانت كونانت

١٢ أكتوبر عام ١٩٥٠ — كمبردج ، ماساشوستس

الباب الأول

المواطن والعلم

هذا كتاب أوّلى ، ينظر فى مناهج العلم التجريبى ، وكاتب هذا الكتاب يفرض فى قارئه أن عنده الرغبة فى أن يطلع على ما يعمل رجل العلم فى معمله ومختبره ، وعلى أساليب يتخذها لبلوغ غايته . ويفرض كذلك فى قارئه أنه لا يعلم إلا القليل من مبادئ العلوم الطبيعية .

والغرض من الكتاب تعريف القارئ بالطرق التى يسلكها رجال الطبيعة ، أو الفيزياء كما يسميها بعض العرب ، ويسلكها رجال الكيمياء ورجال الكيمياء الحيوية ، ورجال علم الحياة التجريبى للوصول إلى غاياتهم . وكذلك إطلاع القارئ على ما بين مجهودات هؤلاء العلماء والتقدم الحاصل فى فنون الصناعة المعروفة بالتكنولوچيا ، وفى الزراعة ، وفى الطب ، من علاقات .

أو بتعبير آخر هذا دليل المواطن إلى طرق العلم التجريبى . والحديث فيه موجّه إلى كل مواطن ذكى يهتم بكل ما يقضى به البرلمان فى الشئون العلمية ، وذلك بحسبانه رجلا ذا صوت فى انتخاب أعضاء هذا البرلمان . وهو حديث موجّه كذلك إلى المحامى، ورجل المصرف ، ورجل الصناعة ، وموظف الحكومة ، ورجل السياسة ، ورجل الصحافة ، إلى كل

ذى همٍّ بأمور الحياة العملية فى منتصف هذا القرن الحاضر ، القرن العشرين . وهم جميعاً ، حيثما وجهوا أنظارهم فى الحياة ، سيجدون رجالا من رجال العلم يعملون ، أو هم سيجدون نتائج أعمال هؤلاء الرجال . فى الصناعة ، وفى المستشفيات ، وفى محطات التجارب ، وفى الجامعات ، تنشأ كل عام مسائل تُجمل فى لفظة « بحث » أو لفظة « تنشئة أو تنمية » أو « فحوص علمية » ، وهى فى العادة أيضاً تتضمن لفظتين أقل إغراء من هذه الألفاظ ، هما « الميزانية » و« التكاليف » . فكيف يستطيع إنسان مواطن ، لا خبرة له بالعلم ، أن يقضى فيما يسمع من الكيماوى أوالطبيب أو المهندس ،وهو يدافع فى تحمس عن مشروع له تُستغَل فيه أموال الناس ، أهو يقول صدقاً أو يقول هراء . وهذا أمر يعرض كثيراً ، وكل يوم تقريبا ، لكل عضو من أعضاء مجالس الإدارات للمؤسسات والهيئات جميعاً ، فى صناعة أو تجارة أو مال ، وفى المستشفيات والجامعات . وهو يعرض لموظف الدولة ، والنائب عن الأمة ، ولصنوف كثيرة غير هؤلاء من الرجال .

إنه ليس فى الدنيا عصًا سحرية تجعل من رجل ، من غير رجال العالم الحديث ، رجلا من رجاله ، أو خبيراً من خبرائه ، فى يوم وليلة . ومع هذا فالرجل غير العالم يستطيع بالاطلاع المتواصل أن يقدر بعض التقدير وجهة نظر رجل المعمل ، وأن يفهم بعض الفهم طرائقه وتصوره لما يعرض له من مسائل . ولقد كسب كثير من المواطنين ، بالاطلاع المتواصل ، قدرة حتى على نقد بعض الأعمال العلمية التى تتصل بشأن من شئون ماهم فيه من أعمال وأشغال . كسبوها من وقائع وقعت ،

تركت فى أذهانهم معالم بينة ، هى مراجع يرجعون إليها كلما أحيل إليهم مقترح جاء من معمل ليروا فيه رأياً .

وقد يجد البادئون حياتهم المهنية فيما نعرض فى الصفحات القادمة من طرائق العلم شيئاً من نفع . وأما غير البادئين ، وأعنى بهم أولئك الذين قضوا فى مهنتهم زمناً طويلا ولكن لم يتصلوا أثناء ذلك بالعلماء والمهندسين فهؤلاء أيضاً سيجدون فى أنفسهم رغبة فى التعرف إلى طرق العلم الحديث ، وفى كسب ما كسبه الآخرون من طول ما اتصلوا بالعلم والعلماء فى سبيل المهنة التى يمتهنون . وغير هؤلاء وهؤلاء ، أرى أن كل مواطن، إذا كانت له الكفاية من شباب وأمل وثاب ، قائد محتمل للمجتمع الذى يعيش فيه . فإن هو صاره ، فستقع عليه تبعات فى أحكام يصدرها ، أو نفقات ينفقها ، وقد تتصل هذه بالصحة العامة والطب . أو إن هو كان رجلا من رجال الأعمال ، أو رئيساً فى نقابة عمال ، فقد يفرض عليه منصبه أن يقضى فى أمور تقتضى عرفانه بالعلم، وما يطبق فيه العلم فى الحياة . حتى إذا هو لم يصر إلى شىء من ذلك، وبقى فرداً متواضعاً من أفراد الناس ، فسوف يواجه باعتباره ناخباً موقفاً لابد له فيه من أن يقضى فى أمر له خطره فى حياة البلاد ، مشروع من المشروعات الكبرى التى تمولها الدولة مثلا . فهنا سيجد الحاجة أكبر ، الحاجة إلى تفهم مثل هذا المشروع بمحصول سابق من تفهم العلم . وقد يكون من هذه المشروعات ما يكره . وقد يكون منها ما يحب . ومنها مشروعات تتصل بجهاز الحرب وما أخرج العلم من مهلكات ابنى الناس . مسائل كثيرة تواجهنا حيثما تلفتنا ، تتصل بالعلم وأنتجة العلم ، قد يكون فيها

إعطاء الموت ، وقد يكون فيها إعطاء الحياة ، وقد يكون فيها إعطاء الألم ، وقد يكون فيها إسداء الشفاء ، ليس لنا مهرب منها ، ذممناها أو حمدناها ، فنصيحتى إلى كل مواطن ، فيما بقى من هذا القرن ، أن يتزوّد لأداء واجبه لوطنه بفهم العلم وتفهم العلماء بقدر المستطاع .

وهنا قد أسمع سائلا يسأل : ماذا تعنى تماماً بفهم العلم وتفهم العلماء ، فيما يختص بغير العالم ؟ وجوابى عن هذا السؤال أنى وجدت فى خبرتى الخاصة أن الباحث العلمى الناجح ، فى أى فرع من فروع العلم ، سواء منه البحت والتطبيقى ، عندما يواجه مسألة علمية يريد حلها ، حتى فى حقل جديد من حقول العلم لا يجهله كل الجهل ، إنما يواجه هذه المسألة بوجهة نظر له خاصة ومزاج خاص . فإدراك هذه النظرة والامتزاج بهذا المزاج هو ما أسميه « فهم العلم » . وهو شىء آخر مستقل كل الاستقلال عن معرفة الحقائق العلمية ومعرفة الطرائق التى تتبع فى هذا الحقل الجديد الذى يدخل إليه . إن أكثر المواطنين ثقافة وأكثرهم ذكاء ، قد يحضر نقاشاً علمياً بين علماء ، فيفوته إدراك النقط الأساسية فى هذا النقاش لما فاته من التمرس بالبحوث العلمية وكسب الخبرة فيها . وهو لن يفوته هذا لجهله بحقائق العلم ، ولانبهام اللفظ الفنى الذى يتحدث به العلماء ، ولكن يفوته على الأكثر لجهل أصيل فيه بالذى يستطيع العلم تحقيقه والذى لا يستطيعه ، ثم بالبلبلة التى تعتريه من جراء ذلك أثناء النقاش فى خطة رسمت لتحقيق غاية . إن الذى يعوزه أن ليس به ذلك الحس الرقيق الدقيق ، الدخيل الخبىء ، الذى يهدى الباحث إلى إحكام الخطة لبلوغ الغاية ، وهو كحس القائد الذى مرن على التدبير لجيشه

ليبلغ به النصر آخر الأمر. لقد صادفت فى السنوات العشر الأخيرة أمثلة كثيرة من هذه البلبلة التى تعترى غير العلماء. وإذا صح حدسى وصدق تشخيصى – وهذا فرض من فروض هذا الكتاب الأولى – فإنى أجد العلاج لا يكون بإشاعة الحقائق العلمية بين سواد الناس. فمعرفة الحقائق العلمية غير فهم العلم، ولو أن الشيئين لا يتعارضان. وإنما العلاج يكون بابتداع وسائل يتوسل بها المتوسلون إلى إعطاء الرجل العادى فكرة عن الحيل التى يحتال بها العلماء لبلوغ الغايات، وكيف يخططون لها ويرسمون. ولن يستطيع أحد أن يختصر الطريق فيبلغ بغير العالم من هذا الأمر ما يبلغه العالم، ولكن فى ظنى أننا نستطيع أن نفعل الكثير لتضييق الشقة التى تفرق بين العالم وغير العالم، بسبب أن الأول له العلم مهنة، بينما الثانى، أعنى المواطن الذكى، لم يطلع من العلم إلا على ما أخرج من نتائج.

ولتضييق هذه الشقة قد نقترح على كل مواطن أن يتفرغ من عمل حياته بضع سنوات يقضيها فى زيارة معاهد العلم ليجنى من العلم ما نريده أن يجنى. وقد نرتب له، مثلا، بناء على هذا، أن يقضى الستة الشهور الأولى قياماً إلى جانب قائد من قادة البحوث، فى معمله، بمصنع من المصانع الكيموية الكبرى. ثم قد نقترح عليه بعد ذلك أن يصنع مثل هذا فى مصنع من المصانع الإنتاجية للأدوات والآلات الكهربائية، ثم أن ينتقل من بعد ذلك إلى جامعة، إلى معمل بها للطبيعة[1]، للفيزياء، (Physics) أو الكيمياء

(١) لفظة مصر هى الطبيعة، وسائر العرب يقولون الفيزياء، والفيزياء أوضح وأبعد عن الالتباس، فى كتاب كهذا تذكر فيه علوم طبيعية شتى. وعندئذ نحتفظ بلفظة الطبيعة للفظة Nature .

ثم ينتهى مطافه بزيارة مستشفى ، أو معهد يستنبطون فيه طرقاً لاستخدام الفحم جديدة. ونحن نستطيع أن نأتى من أمثال هذه الاقتراحات بأشتات مترادفات ، كلها يهدف إلى رؤية العالم وهو يعمل وحيثما يعمل . وهى قد تختلف فى تفاصيلها . وقد نختلف نحن فيها فنقول إن الأفضل لهذا المواطن ، لبلوغ تلك الغاية ، أن ينفق أكثر وقته فى الجامعات . أو إن الأفضل أن ينفقه فى معامل المصانع ومختبراتها . ولكن من المحقق أننا سنتفق جميعاً على أن مواطناً ، حتى لو جهل كل الجهل ما يدرس فى المدارس من فيزياء وكيمياء وعلم حياة ، إذا هو اتبع برنامجاً كالذى وصفناه ، فسوف ينتهى بعد سنوات قليلة إلى مقدار طيب من تفهم العلم وتفهم طرائقه .

اقتراح جميل لا شك فيه . ولكن دونه مصاعب ، بصرف النظر عما ينفقه المنفق فيه من وقت ثمين . ومن هذه المصاعب أن بحاث العلم لا يرحبون فى معاملهم بالزائرين ، لأنها تشغلهم عما هم فيه قائمون . ومنها أن المعامل ليس فيها كل يوم ما يلذ ، ويلزم عندئذ ترتيب الزيارات بحيث تقع فى الأيام التى فيها ما يستأهل زيارة ، وتهيئة الزائرين حتى لا يسألوا العلماء إلا أسئلة ناضجة يتسع وقتهم لإجابتها ، وتكون من القصر بحيث يطيقون عليها صبراً . كذلك لا بد من استيحاء أهل السحر طريقة نعالج بها أمر الذين يتخلفون من الزائرين عن زيارة موعودة لعرض موقوت. طريقة سحرية نستطيع بها أن نغرى العلماء بتكرار ما عرضوا ، تماماً كما نفعل فى الأفلام وتكرار عرضها .

قد أكون بالغت فيما اقترحت ، وذهب بى الخيال مذاهبه ، وذهبت بى المداعبة . ولكن غرضى لا بد قد استبانه كل من قرأ عنوانات هذا

الكتاب من الفهرس قبل قراءته . فالذى أقترحه هو أن يستبدل بهذه الزيارات ، زيارات المعامل والمصانع والمستشفيات والجامعات وما إليها ، رحلة من صنف آخر . هى أخذ بيد القارئ والوقوف به على بعض حوادث التاريخ ، تاريخ العلم . وهو سيجنى من هذه الرحلة ما قدرنا أنه يجنيه من تلك الزيارات تماماً . أو لعل « تماماً » لفظة أشد مما قصدت . فالذى عنيته أن شيئاً مما قدرنا أنه يجنيه من تلك الزيارات قد يجنيه من مناقشة طرائق اتبعها العلماء لتقديم العلم فى الذى مضى من قرون . والمحصول الذى سيجنيه سيكون على الأقل متناسباً مع ما ينفق من زمن فيه . وإذا اعترض أحد آخر الأمر فقال إنى إنما أتخذ أمثلتى من أزمنة كانت العلوم فيها فى طفولتها ، وإنى أعرض التاريخ الماضى على قوم كل همهم فى الحاضر ، فجوابى عن ذلك سيكون : إن طرائق العلوم لم تختلف ، فهى اليوم كما كانت بالأمس ، وإنى لا أجد وسيلة غير هذه تجمع بين البساطة والهدف الذى أهدف إليه .

إن همّ العالم ليس فى الحاضر ، وليس هم المواطن الذى ننصحه بالنظر إلى العلم من فوق أكتافه . — وهو نفس المواطن الذى سوف ينظر إليه ملء عينيه إذا هو طلب إعانة من مال — . إنما الهم فى المستقبل ، والتركز إنما هو على المستقبل . وهذا أمر سوف نؤكده مراراً وتكراراً على طول هذا الكتاب . إن الحاضر من همّ هؤلاء القوم الذين يُعنون بالمعارف ، وبجمعها ، وبتسجيلها فى كتب كبيرة تعرف بدوائر المعارف . وليس الجمع من همّ العلماء . ولو أن البحوث جميعها أوقفت ، لو أن المجهودات المبذولة لاكتشاف طرق جديدة لعمل الأشياء بغتة تعطلت ، إذاً لفقد

المواطن كما فقد العالم كل لذة فى العلم واهتمام به[١] . إن خطر العلم فى زماننا هذا هو فى أن شيئاً ما حادث قائم فى كل ساعة وكل يوم فى عدد لا يحصى من المعامل والمصانع والمستشفيات ، وأن كل ساعة وكل يوم يأتى بجديد . وهو يأتى بجديد لأن أساليب من أساليب التفكير . بدأها أفراد من الناس منذ ثلاثة من القرون ، قد تمت وتنشأت وتعقدت واتسعت فجاءت بكل هذا الجديد . وهذه الأساليب قد نسميها مناهج العلم التجريبى . وإنه لمن العسير أكبر العسر محاولة تفكيك تلك المعقدات الفكرية فى أى فرع من فروع العلم ، بقصد تبسيطها لتفهمها . وهو لو تيسر لضاق عنه كتاب . ولكنا بدراسة حالات من تقدم العلم خاصة ، وقعت فى الأحقاب الأولى من تاريخ علم خاص من العلوم ، نستطيع أن نتجنب الوقوع فى تلك المعقدات الفكرية التى هى صفة العلم الحديث ، ومع هذا نصيب مما نبغى مأرباً . ولست بغافل عما فى هذه الطريقة من عيب . فبها قد ينسى المرء أن علم اليوم نسجٌ كثيف من خيوط لاعداد لها ، وهى خيوط طويلة ترجع مع السنين إلى الوراء البعيد ، ولكل منها قصة ولكل تاريخ ، وهى فى هذا النسيج الكثيف يحمل بعضها بعضاً ، ويعتمد بعضها بعضاً . وسوف أعالج هذا العيب بالإشارة دائماً ، عند كل مثل قديم أقتبسه ، إلى ما صار إليه به الحال فى وقتنا هذا .

---

(١) للمؤلف عدة من آراء أصيلة فى هذا الكتاب تتردد فيه كثيراً ، يسهل على القارىء فهم الكتاب جملة أن يتنبه إليها . وهذا رأى منها . فعند المؤلف أن الحقيقة التى تخرج من التجربة العلمية ، إذا لم تؤد إلى تجربة أخرى ، فهى حقيقة ميتة . عنده أن العلم متحرك لا ساكن . ديناميكى لا استاتيكى .

تقاليد البحث العلمى

إن الجدل اليوم قائم بين أهل الرأى فى موضوع لا شك خطير يتعلق بالطرق العلمية التى أدى اتباعها فى العلوم الطبيعية وعلوم الحياة إلى كل هذه النتائج المدهشة المعجبة . إنهم يتساءلون : أمن الممكن اتباع هذه الطرق نفسها فى بحث مناشط الإنسان الأخرى للخروج منها بمثل هذه النتائج الرائعة ؟ وهم يختلفون عن صدق وإخلاص فى الإجابة عن سؤال كهذا : أيوجد شىء يسمى بالمنهج العلمى يتسع نطاقه حتى يشمل سؤائل الإنسانية عامة ؟ وسؤال ثالث يختلفون فى جوابه : وتلك العلوم التى نسميها بالعلوم الاجتماعية أهى علوم حقاً وصدقاً ؟

إن الجواب عن هذه الأسئلة وأشباه لها، له خطورة كبيرة فيما يتعلق بمستقبل كل أمة حرة . فالعلوم الاجتماعية ، وعلمنا بالحال التى تكون لها فى المستقبل ، له أثر لا ينكر فى توجيه سياسة التعليم فى البلاد ، وكذلك فى مجهودات لنا جماعية نبذلها لبلوغ غايات مرجوة فى الحقول الاجتماعية والاقتصادية والسياسية . والرجل من سواد الناس ، إذا أراد أن يحصل على فكرة واضحة من العلاقة القائمة بين الطرائق المتبعة فى طبيعة أو كيمياء أو علم من علوم الحياة ، وبين التعليم ، أو بينها وبين بحوث المسائل الإنسانية المتعددة ، وجب عليه أولا أن يتفهم طرائق هذه العلوم ، ما هى ، وما طبيعتها . والحق أن هناك لحاجة كبرى إلى توضيح وتصحيح ما يفهم الناس من طرائق العلوم الطبيعية . وهذا الفهم الواضح

لازم لأنه يضع لنا قواعد أصح لنقاش أفضل نهتدى به إلى طرائق رشيدة نتبعها فى دراسة مختلف المسائل التى تتعلق بالإنسان قصد استجلائها.

إن هناك رأياً متطرفاً ظل يقول منذ سنوات كثيرة، فى شيء من الإلحاح ، بأن المنهج العلمى هو مرادف التعقل النسبى والحيدة فى حل الأمور[١]. ومن أمثلة هذا ما قاله كارل پيرسن (Karl Pearson)[٢] منذ أكثر من ستين عاماً فى كتابه «أجرومية العلم» (The Grammar of Science) قال: «إن العلم الحديث يمرن عقل طالبه على الدقة عند تحليل الحقائق، وعلى الحيدة ، فهو ضرب من التربية أصلح ما يكون إلى تكوين المواطن الصالح» . وهو يعطى من بعد ذلك نصيحته للرجل العادى فيقول: «والذى يطلب من ذلك إنما هو المعرفة الكاملة لمجموعة صغيرة من الحقائق، ثم استبانة ما بينها من علاقات ثم فهم الأشكال الرمزية أو القوانين التى تجمع هذه العلاقات وتلخص روابطها. وينتج من هذا أن العقل يتشرب المنهج العلمى ، ويتخلص بذلك من الزيغ الفردى فى تكوين أحكامه ، وهذا شرط سبق أن تحققنا ضرورته ، من بين شروط أخرى ، لتكوين المواطن الصالح ، المثالى فى صلاحه» .

وإنى لأختصم وصاحبَ هذا القول فيما قال عن المنهج العلمى، ولكنى أؤجل هذه الخصومة إلى ما بعد، وأتركز الآن على معنيين يترددان

---

(١) للمؤلف رأى فى المنهج العلمى والحيدة التى اشتهر بها . وهو رأى من آرائه الأصيلة التى تتردد فى هذا الكتاب . والرأى عنده أنه لم يكن فى تاريخ العلم حيدة .

(٢) عالم إنجليزى فى الرياضة ، وفى النشوء والوراثة ، ولد عام ١٨٥٧ ، ومات عام ١٩٣٦ . ونشر كتابه المذكور عام ١٨٩٩ .

كثيراً فى الجزء الأول من كتابه . أولهما قوله إن تحليل الحقائق بدقة وفى حيدة لا يكون إلا فى الحقل العلمى . وثانيهما قوله إن معالجة العلوم تكسب العقل مراناً يكتسب منه الحيدة ، لا فى أمور العلوم وحدها ، ولكن فى كل الأمور .

إنه ليس من شك فى أن الدقة والحيدة فى تحليل الحقائق شرطان ضروريان فى كل بحث علمى . ولكن الذى أقوله هو أن هذا المزاج العقلى لم يبتدعه هؤلاء القوم الذين شغلوا أنفسهم أول شاغلين ببحوث العلم الحديث ، وهم فوق ذلك لم يتنبهوا من أول الأمر إلى خطورته. والذى يراجع التاريخ ، ولو فى شىء من السرعة ، أعنى تاريخ العلوم الطبيعية وهى فى فجرها الأول ، سيجد نقاشاً عنيفاً يتدفق كالسيل من أقلام العلماء أكثر مما يجد من نقاش متزن ، رائده العقل والمنطق ، يسيل فى هوادة من هذه الأقلام . وإذا صح ما استنتجته من قراءتى تاريخ العلم فى القرن السابع عشر والقرن الثامن عشر ، فإنى أرى أن فكرة الحيدة واطراح الميول الذاتية عند أبواب المعامل العلمية ، إنما نشأ بالتدريج . ورأى ضرورتها الجيل من بعد الجيل للذى وجد من سخافات جيل سبقه ومن أهوائه .وعرف أن هذه الأهواء تقف حجر عثرة فى سبيل تقدم العلم ، فتعلم الدقة وتعلم الحيدة . ونحن لا بد أن نذكر أن العلم ظل فى أيدى الهواة حتى دخل القرن التاسع عشر . فهؤلاء الهواة كلما اكتشفوا شيئاً كانوا كمن صاد سمكاً ، يبالغ فى أعداده ويبالغ فى أحجامه ، ويدافع عن هذه الأعداد والأحجام عند منافسيه ومنتقصيه ، فإن حدث أن طالت أسماكه فى هذا الدفاع عما قدر لها ، طالت عما يطيقه التصديق ،

فالأمر هين . فكل هؤلاء المنافسين له ، المنتقصين لجهوده ، صادة سمك مثله ، فهم كذلك بالكذب معروفون مشهورون.

لقد غير من هذه الحال إنشاء الجمعيات العلمية، وازدياد خطورتها وإحساس مهنيّ أخذ يتولد بالتدرج على مر العصور . وقيام رجال عمالقة من رجال العلم، مثل «جاليليو» [١] (Galileo)، سنّوا ضبط النفس عند الحكم على الأمور، فجرى عليه من جاء من بعدهم . وذهب الرجل الذى كان لا يفرق بين سلاح يستخدمه فى نقاش «فلسفى» وسلاح يستخدمه فى نقاش سياسى ، وحل محله رجل العلم الحديث الذى لا يعتمد فى إقناع خصمه على ما عنده من فصاحة وبلاغة ، ولا يتوسل إلى إخراجه من الميدان بالطعن والمسبة . وأصبح لرجال العلم فيما يختصمون قضاة من أهل العلم عدول ، وذوو إحاطة ، لا يشفع عندهم إلا التقارير الدقيقة التى تتضمن أقل مقدار من حرارة العاطفة . وأعنى بهؤلاء وهؤلاء رجال العلم ، وأهل العلم ، عندما يتحدث بعضهم إلى بعض ، أو يشكو بعضهم إلى بعض . ولست أعنى الكبار من العلماء الذين تصدوا لتبسيط العلم للناس، ونشره بين الكافة ، من أمثال «هكسلى» [٢] (Huxley)

---

(١) هو العالم الإيطالى الشهير ، ولد فى بيزا عام ١٥٦٤ ، ومات عام ١٦٤٢ . وكان أستاذ الرياضة فى جامعة بيزا ، ثم جامعة بدوا . وله الكشوف المعروفة الخاصة بالبندول والأجسام الساقطة ، وفى الفلك . وكانت آراؤه فى الفلك سبباً لاصطدامه بالكنيسة ومحاكمته . وهو يعد من آباء العلم الحديث .

(٢) هو جوليان هكسلى ، عالم الأحياء الإنجليزى ، وهو حفيد هكسلى الكبير ، عالم الأحياء الذى عاصر دارون ، وأخو ألدوس هكسلى الكاتب الروائى . ولد جوليان عام ١٨٧٧ . وله غير بحوثه العلمية كتابات فى العلم شعبية كثيرة .

فهؤلاء يدخلون فى زمرة رجال التربية على التحقيق .

إنى أتساءل : هل أعد يا ترُى مغالياً فى قولى إذا أنا قلت إن رجل العلم اليوم ، مهما بلغت حساسيته ، ومهما اشتدت أو حتى اضطربت عاطفته ، فهو مسيطر على هذه الحساسية ، ملجم لهذه العاطفة ، ملتزم الدقة فى معمله ، وملتزم الحيدة ، وأنه سهل عليه إلجامها ، وسهل التزامها بسبب هذا الجو الاجتماعى الذى ضربه العلم حول رجاله وبحاثه ، إن تقاليد العلم التى ورثها ، وإن الأجهزة التى هو مستخدمها ، والدرجة العالية من التخصص التى هو بالغها ، ورجال العلم الذين هم حوله قائمون يشهدون بما يصنع ، ويصمتون أو لا يصمتون إذا هو نشر ما اكتشف ، فصدق أو حاد ، كل هذه عوامل تجعل الحيدة فى أمور علمه أسهل الأمور عنده ، فهو يدرك الخطر الذى يدرك رجل التجربة (experiment) أو رب الملاحظة (observation)[1] إذا هو مال . وهو قد سمع عن فلان أو فلان ماذا صنع بنفسه لما تشبث عناداً بملاحظات خاطئة ، أو بنظرية طلع عليها الغد فإذا هى نظرية فاسدة . ولكن هذا الرجل ، رجل العلم ، رجل المعمل ، لا يكاد يترك معمله من ورائه ، حتى يجوز عليه ما يجوز على الآخرين من ركوب هواهم ، وقد

---

(١) التجربة والملاحظة مصطلحان علميان . أما الملاحظة ، ونعنى بها الصرفة ، فهى إدراك ما يجرى فى ظاهرة ما لا نستطيع ، أو لا نود ، أن نتحكم فى ظروفها . أما التجربة فإدراك ما يجرى فى ظاهرة نحن أحدثناها ونستطيع تغيير ظروفها . فمراقبة الكواكب ملاحظة . وإشعال شمعة فى حيز محصور من الهواء تجربة . ولا دخل للجهاز الذى نستخدم فى التفرقة بين الملاحظة والتجربة . فالتليسكوب لم يمنع مراقبة القمر أن تكون ملاحظة.

يكون أسرع إلى التحرر بسبب ما فرض عليه العلم فى معمله من حبس وكبت . فلاغرابة إذا نحن رأينا من رجال العلم رجالا هم فى خارج مهنتهم أقل من غيرهم من الناس حيدة وانضباط نفس . على أن تجربتى أنا الخاصة تقضى بأن رجال العلم ، رجال كسائر الرجال ، وهم موزعون بين السخف والعقل ، وما بينهما من درجات كدرجات الطيف ، كما توزع سائر الخلق .

فمن إذاً هؤلاء الرجال الذى سبقوا الأوائل من رجال العلم الذين وضعوا فى القرنين السادس عشر والسابع عشر للعلم الحديث قواعده الأولى من دقة فى البحث وحيدة ؟ من إذاً هؤلاء الأولون الذين كانوا آباء لمن خلفوا من بعدهم ، بالفكر لا بالدم ، من أبناء من أمثال «كوبرنيكس» (Copernicus[1]) «وجاليليو» «وڤيساليوس» (Vesalius[2]) ؟ إنهم ليسوا

---

(١) كوبرنيكس هو العالم الفلكى الشهير ، ولد عام ١٤٧٣ م ، ومات عام ١٥٤٣ . تعلم الطب واللاهوت والقانون متنقلا بين كراكاو وبولونيا وبادوا . وعلم الرياضة والفلك فى روما . ثم ذهب إلى بروسيا وهناك أنجز عمل حياته الضخم . ولم ترقه صورة صورها البطالسة عن الكون وأجرامه ، جعلوا فيها الأرض مركزاً وسائر الأجرام حولها تدور . ولم ترقه لتعقدها وهو يرى أن الطبيعة من شأنها البساطة والنظام . فجاء بنظريته الشهيرة التى تجعل من الشمس مركزاً ، وحولها تدور الكواكب ، ومنها الأرض . فهذه هى المجموعة الشمسية . ولكوبرنيكس فى الفلك آراء هامة أخرى. ونشر كتابه الشهير الذى أسماه « فى دوران الأجرام السماوية » ، فى عام ١٥٣٠ وظل الكتاب محرماً لا يقرؤه كاثوليكى زماناً طويلا .

(٢) ڤيساليوس عالم فى التشريح ، بلجيكى ، ولد عام ١٥١٤ ومات عام ١٥٦٤ . درس العلم فى بلجيكا وفى باريس . وعلمه . وكانت جامعتاهما من المحافظة بمكان . وكان من حظه أن اختصم مع رؤسائه فخرج إلى إيطاليا ، إلى بادوا ، فعين أستاذاً بها . وهناك أدخل لتوه إصلاحات جائحة. ونشر رسالته الشهيرة عام ١٥٤٣ وفيها وضع تشريح الجسم الإنسانى على أسس متينة . وهو يعد بحق أب التشريح الحديث .

ذلك النفر الذى عالج التجربة على انفراد وفى اغتباط ، ولا أولئك الذين تفننوا فى ابتداع الآلات فزادوا بها رويداً رويداً محصول الإنسان من المعارف التجريبية فى القرون المتوسطة. إن هؤلاء ورّثوا حقاً من جاء بعدهم الكثير من الحقائق ، والكثير من الوسائل التى يتوسل بها الإنسان إلى بلوغ غايات عملية نافعة ، ولكن ليسوا هم الرجال الذين ورثوا الناس روح البحث العلمى ولا مزاجه .

إنه للبحث عن هذه الروح وعن هذا المزاج ، وللكشف عن المنابع التى تفجرت منها الغيرة الجديدة التى دفعت بالبحوث العقلية إلى أن تكون منظمة متسقة مرتبة ، يجب أن نتوجه إلى عقول من عقول بنى الناس قليلة ، شربت حتى ارتوت من سقراط ومن تعاليمه ، وإلى طلاب للمعرفة سابقين كشفوا عن ثقافة الإغريق والرومان أول كاشفين . وكان كشفاً بدائياً كالحفر عن بعض ما خلف القدماء من آثار . فى الحقبة الأولى من عصر النهضة (Renaissance) قام حب الحقيقة والبحث عنها يدفع الناس للكشف عنها متحمسين متجردين ، وكانوا أكثر اهتماماً بالإنسان والذى صنع منهم بالطبيعة الجامدة وما حوت . وفى أثناء هذه القرون الوسطى زاد اهتمام الناس بكل محاولة استخدم أصحابها فيها عقلهم نقاداً فى غير هوى، نفاذاً فى غير خوف . ووصل هذه الشعلة،وقام يرعاها حتى لا تنطفىء ، كتاب واصلوا الكتابة فى شئون الإنسان ومسائله . وفى الأيام الأولى لذاك العصر ، عصر النهضة ، كان الباحثون عن الإنسان ، وفى مسائل الإنسان ، والكاشفون فى سبيلهم هذه عما كشفوا من علوم الإغريق والرومان ، كانوا أقرب المثل إلى ما نصف اليوم من معنى الحيدة

يتخذها البحاث مذهباً ومزاجاً . ولم يكونوا فى زمانهم يهتمون ببحوث ما نسميه اليوم بالعلوم الطبيعية . لم يكن يهتم بها حتى الرجل المثقف فيهم . وبقيت هذه الحال إلى أن جاء البحث العلمى الحديث يستهوى عقول الرجال ، ثم هو يخضعها إخضاعاً . فالبحوث العلمية ، كما نفهمها اليوم ، كانت تضيع بينهم كما تضيع الحصاة فى ماء البحر ، إلا أن تتصل اتصالا وثيقاً بالذى خالوا عند ذلك من علوم الكون .

وقد نتساءل : كيف أخذ البحث العلمى الحديث يستهوى عقول الرجال ؟ ثم كيف أخذ يخضعها إخضاعاً ؟ وهو تساؤل من أصعب أسئلة التاريخ إجابة . وهو ليس له جواب بسيط . فكل عرض للذى جرى من الأحداث فى فجر العلم الحديث لن يسلم من خطأ بسبب ما قد يؤكد جانباً دون جانب من العوامل الكثيرة التى كانت تعمل معاً لتشكيل عصرنا هذا الحديث . ولقد سمعت رجلا من مؤرخى الثقافة بالعصور الوسطى يقول إن « الإنسانيين » (humanists[1]) لم يكن لهم نصيب أصلا فى تكوين العلم الحديث ، حتى قال إن مناشطهم كانت على الأرجح شرًّا عليه لا خيراً له . ومع هذا فلو قال لنا آخر إن كشف « الإنسانيين » لآثار القدماء ، للذى كتب القدماء وللروح التى كانت فيهم ،

---

(١) هم أصحاب مذهب « الإنسانية » ، وقد هدف إلى العودة با نسان إلى كرامته الفردية بتحرير فكره وتوسيع علمه ومعارفه . وهو مذهب نشأ فى ختام القرون الوسطى ، فى القرن الرابع عشر ، وانتهى فى القرن السادس عشر . وبدأه جماعة من أهل الفكر والشعر ضاقوا بما فرض عليهم رجال الدين ورجال الإقطاع من قيود فى الفكر والعمل تزرى بالإنسان . وكانت وسيلتهم إحياء العلم القديم ، علم الإغريق واليونان . وكان موطن الحركة إيطاليا . ومن رجالها بترارك ، ودانتى ، وبوكاشيو ولورنسو دى ميديشى .

هو وحده السبب الذى به تنشأ العلم الحديث ، لقلنا إنه قول ذو غلو شديد .

إنه لا شك فى أن « جاليليو » أفاد كثيراً، من رأى ومن روح ، بالذى قرأ وهو شاب مما كتب أرشيميدس . ومن هذا الحدث يستطيع المرء أن يقول إن ذاك العصر ، عصر النهضة أو عصر إحياء العلوم ، لعب دوراً فى إنعاش العلم الحديث غير صغير . وإن كتاب أرشيميدس هذا ما كان ليقع فى يد رجل آخر له من العبقرية ما «لجاليليو»، إذا كان هذا الرجل ولد قبل أن يولد جاليليو بثلاثة قرون. لأنه لم يكن لهذا الكتاب عند ذلك وجود. فالذى أوجد هذا الكتاب إنما هو عصر إحياء العلوم . فأول ترجمة لاتينية لهذا الكتاب ترجمها « وليم مربكه » (William of Mœrbeke) وطبعت عام ١٥٤٣ . وكهذا الكتاب أثراً كتاب فى أعمال « هيرو الإسكندرية » (Hero of Alexandria)[١] ، نشرت ترجمته اللاتينية فى عام ١٥٧٥ وأثار ما أثار من اهتمام بعلم السوائل المتحركة والماء(Hydraulics) .

ولكن أخطر من كل هذا فى تنشئة العلم الحديث ، أى أخطر من كشف ما كان عند الأقدمين من ضروب العرفان ، بل أخطر من اختراع آلة الطبع التى كان لها أثر بالغ فى نشر المعارف ، تلك الروح الوثابة ، روح المغامرة العقلية التى اتسمت بها جمهوريات المدن الإيطالية

---

(١) رجل من أبرع رجال الإغريق القدماء فى الرياضيات والميكانيكا . قيل إنه عاش بين عام ١٥٠ ، ١٠٠ قبل الميلاد . وقيل نه عاش فى النصف الثانى من القرن الأول بعد الميلاد .

وهى فى أوج مجدها . ودليل هذه الروح ما قصه « ڤاسارى » Vasari[١] عن « فيليبو برونيليشى » (Flippo Brunelleschi[٢]) . وهذه القصة تقوم عندى دائماً ترمز إلى ما كان فى ذلك العصر ، عصر النهضة ، من حب للمعرفة لا يقف عند حد ، ومن طاقة للخلق والإبداع تميز بها ذاك العهد . وهو حب ، وهى طاقة ، انتهيا إلى إشراق شمس العلم الحديث . حكى الحاكى قصته قال : « بعد شهرين من عودته ، وقف « برونيليشى » (Brunellischi) ذات صباح فى ميدان القديسة « مارية دلفيورى »(Maria del Fiore) بفلورنسا ، وكان معه «دوناتو» (Donato) وفنانون آخرون ، وكانوا يتناقشون فيما نحت القدماء من التماثيل . وقص عليهم دوناتو قصة رحلته إلى « أرفيتو » (Orvieto) ، وكيف غادرها إلى « كرتونا »(Cortona) . وذكر لهم أنه بمروره بتلك البلدة رأى تابوتاً عتيقاً من حجر ، عليه رسم محفور . وكان التابوت من أجمل وأندر ما رأى الرائى . فما كاد يسمع برونيليشى ما سمع ، حتى هاجه الشوق ، ورحل

---

(١) ڤاسارى ، الرسام بالزيت والمهندس المعمارى الإيطالى المعروف ، ولد عام ١٥١٢ ومات فى فلورنسا عام ١٥٧٤ ، تخرج فيمن تخرج على يد العبقرى العالمى الشهير ميكل أنجلو . وله فى المعمار والنقش آثار معروفة فى فلورنسا ، بلد الفن الجميل . ولكن أكثر ما اشتهر به أنه مؤرخ الفنانين. ظهر مؤلفه القيم الخالد فى تاريخ الفن الإيطالى والفنانين الإيطاليين عام ١٥٥٠ . وأعيد طبعه عام ١٥٦٨ ، بعد تنقيح وزيادة . وهو يضمنه كثيراً من الحوادث الممتعة .

(٢) برونيليشى هو المهندس المعمارى الإيطالى . ولد فى فلورنسا عام ١٣٧٧ ، وإليه تعزى فكرة الرجوع بالفن الإيطالى ، من الغوطى ، إلى الإغريقى والرومانى . ومن آثاره الكبرى قبة كاتدرائية سنتا ماريا بفلورنسا ، وهى مثل هندسى تاريخى رائع . وله بفلورنسا غير هذه آثار . مات عام ١٤٤٦ .

من ساعته ، وعلى هيئته، وفى عباءته وقبقابه ، رحل إلى كرتونا ، دون أن ينبس لصحبه بكلمة، يحدوه التحرق إلى رؤيته شيئاً مما خلق الفن جميلا » .

وفى مثل هذا الصدد كتب « شارلس سنجر » (Charles Singer) فى كتابه « تاريخ قصير لعلم الحياة » (Short History of Biology) « إن دراسة النبات بدأت صادقة منذ العصر الذى اجتمعت فيه عوامل ثلاثة : حركة البحث عما خلف الإغريق والرومان ، والفن الجميل فى عصر النهضة ، وإتقان فن الطبع . وهكذا بدأت كذلك دراسة جسم الحيوان » .

إنى أرى أن العلم صار يوالد بعضه بعضاً لما تحولت الحميرة ، التى تمثلت فى النهضة الإيطالية ، فتنشأ منها أجناس انتشرت فى أجيال من الشباب جديدة عديدة . إن الناس تحولوا عن الفن الجميل ، وعن الحفر عن قديم الآثار ، وعن الأدب ، وتركزوا على دراسة النباتات وتركيبها ، ودراسة الحيوانات ، وعلى النجوم ، وعلى الآلات وكل وسيلة آلية . ووجدت هذه البذور الجديدة أرضاً كانت من قبل جرداء ، فوافقتها ، ونمت فيها وازدهرت . ووجد أقوام ، أقل حساً بالشعر ، وأقل تأثراً بالفن ، من سكان العواصم الإيطالية ، وجدوا فى هذه الدراسات الجديدة هوى فشاركوا فى زناط قوم فرحوا بما كشفوا من أسرار الجسم الإنسانى على الأرض ، أو من أسرار النجوم فى السماء ، أو بما استبانوا من غوامض ما فى الأجسام وهى تسقط ، أو بما اهتدوا إليه فخلقوه فى الهواء من فراغ . وجاء « جاليليو » وكانت له روح « فيليبو برونيليشى » .

وجاء « بويل » Boyle وأصحابه ، رجال أكسفورد عام ١٦٥٠ ، والذى بعده ، وشاركوا « جاليليو » فى الكثير من خلاله ، ولكنى لا أكاد أتصور جمعهما فى مكان واحد وزمان واحد ، مع « فيليبو برونيليشى » ، ليكون لهم صاحباً ويكونوا له صحاباً . فهم كانوا أقرب إلى «ملتن» (Milton)[1] وكانوا أشباهاً له فى أكثر من وجه .

وإن صح تفسيرى هذا السابق للتاريخ ، إذاً لكان « بترارك »[2] (Petrarch) « وبوكاشيو » (Boccacio[3]) « ومكيافيلى »

(١) جون ملتن هو الشاعر الإنجليزى الشهير ، ولد بلندن عام ١٦٠٨ م ومات عام ١٦٧٤ . ودرس فى جامعة كمبردج سبع سنوات ، وفى بيت والده ستاً . ورحل إلى أوربا وقابل كبار رجالها ، والتقى بجاليليو . وكان ثائراً على نظم عصره . وقتل شارل الأول ملك إنجلترا ، وجاء كرومويل يحكم البلاد حكماً أشبه بالجمهورى ، فناصره ملتن ، وكتب يعزز النظام الجديد . ومات كرومويل ، وعاد شارل الثانى فارتقى العرش فاختفى ملتن ، وأفلت من المشنقة أخيراً . وكان قد عمى ، وسنه ٤٧ عاماً . وقضى ٢٢ عاماً وهو أعمى . وفى عماه كتب قصائده الخالدة ، الجنة المفقودة ، والجنة المستعادة ، فكان بهما وبغيرهما أشعر رجال العصر قاطبة .

(٢) بترارك ، الشاعر الإيطالى العظيم ، ومن آباء النهضة الأوروبية ، الرينيصانص ، ولد عام ١٣٠٤ ، ومات عام ١٣٧٤ . رحل مع والده إلى فرنسا ، وبدأ يتعلم على القرب من أفنون ، بفرنسا . وتعلم بعد ذلك فى مونت بلييه وبولونيا . وفى أفنيون التقى بالفتاة الحسناء التى خلدها بشعره ، والتى خلقت فى نفسه الشعر . وكانت فتاة طاهرة ومتزوجة ، ولكنه لم يفتأ السنين يتابع حبه العذرى . وماتت وظل حبه حياً . قال لامرتين عنه نه أكبر شاعر عاطفى . وكان يكره ما كان سائداً فى زمانه من قيود على الفكر ، وعلى التعليم . فدعا إلى الرجوع إلى ما خلف اليونان والرومان . ومع هذا كان ذا دين وذا ورع معروف .

(٣) بوكاشيو ، القصصى الإيطالى الشهير ، والشاعر . كان صديق بترارك . وأحب مثله . وجرى حبه فى قصصه ، فى سلسلة بطلتها مارية . وشارك بترارك فى البحث عما خلف الإغريق والرومان من آداب ، فى عصر النهضة الأول ، عصر الإنسانيين ، الهيومانيست . وكان من أول دعاته . ولد عام ١٣١٣ ومات عام ١٣٧٥ م .

(Machiavelli)[١] « وإراسمس » (Erasmus)[٢] أقرب إلى أن يكونوا آباء العلم الحديث من القدماء من الكيماويين ، أصحاب الأكسير وحجر الفلاسفة . كذلك «رابيليه» (Rabelai)[٣] «ومنتانى» (Montaigne)[٤] ، اللذان بثا روح النقد الفلسفى ، يجب عدهما من هؤلاء الآباء السابقين . وليس من آباء العلم السابقين نعد طلاب المعارف العتيقة وحدهم ، من عصر النهضة ، ولسنا نعد منهم نفراً قليلا من أهل الشك صمدوا

---

(١) ميكافيلى ، سياسى إيطالى ، ومؤرخ . موطنه فلورنسا . حكم فلورنسا ، بوصفه سكرتيراً للنظام القائم بها ، ١٤ عاماً . وكان نظاماً جمهورياً . كان ذلك من عام ١٤٩٨ إلى عام ١٥١٢ ، وعندها عادت أسرة هيوتشى تحكم . وحوكم ، ودخل السجن ، ثم أطلق سراحه . ثم اعتكف يكتب . وله مؤلفات كثيرة . والمشهور عنه أنه الرجل الذى فرق بين السياسة والأخلاق ، وأبى أن يقبل فى سبيل سياسته اعتراضاً أساسه الأخلاق . ولد فى فلورنسا عام ١٤٦٩ ومات عام ١٥٢٧ .

(٢) إراسمس ، رجل آخر من رجال النهضة ، ولد فى روتردام بهولندة عام ١٤٦٧ . ومات عام ١٥٣٦ . وبدأ راهباً ، ثم تحلل رويداً رويداً . وسافر إلى أوروبا وإنجلترا . وحضر عهد الإصلاح الدينى ، وعاتبه مارتن لوثر على هوادته فى أمر الإصلاح . والحق أنه هاجم النظم القائمة ، ولا سيما الرهبنة ، ولكنه كان أكثر هجوماً على الجهل ، وعلى عبودية الفكر . وشارك الهيومانست ، « الإنسانيين » ، بعلمه الواسع وثقافته النادرة .

(٣) رابيليه ، الكاتب الفرنسى الضاحك الساخر الشهير ، ولد عام ١٤٩٠ ومات عام ١٥٥٣ . دخل الرهبنة . ثم تخفف منها أخيراً . ودرس الطب وطبب . ولكنه مشهور بنقده كل سلطان جائر فاسد قائم . وخشى حكم السلطان فيما يكتب فاحتمى وراء الفكاهة . ومع هذا لم يجد نشر ما يكتب سهلا .

(٤) منتانى ، الكاتب الفرنسى ، ذو المقالات الشهيرة. فأدبه أدب المقالة . ولد عام ١٥٥٣ ومات عام ١٥٩٢ . وتعلم اللاتينية قبل أن يتعلم الفرنسية . ونشأته الأولى مجهولة . وفى عام ١٥٧١ اعتكف فى قصر آبائه وقضى أيامه فى الدرس والتأمل . وكتبه ، وهى تتضمن المقالات المتفرقة ، فى دروب من الحياة شتى ، هى دائماً من أحب الكتب إلى الفرنسيين .

فلم يتزحزحوا عما أرتأوا ونعدهم وحدهم ، ولكن إلى هؤلاء وهؤلاء يجب أن نضم طائفة من المكتشفين للأرض أمناء ، وآخرين من أهل السياسة بحثوا عما رأوه الحق وثبتوا عنده ، فهؤلاء جميعا هم آباء كل من جاء من بعدهم واحتذى حذوهم ، واعترضه السؤال من بعد السؤال فطلب له بالبحث جواباً صادقاً شافياً ، متجنباً ما أمكنه الميل والهوى ، متوخياً الحيدة ما أمكنته الحيدة . ثم أهل العلم الحديث ، أين يقعون من هؤلاء ؟ . إنهم فى حسبانى من بعض ما نسل هؤلاء الآباء ، والأجداد . وإخال أنهم هاجروا من بعد ذلك إلى أرض بكر ذات خصب وذات نماء ، هى أرض العلم ، فزرعوها ، فأثمرت ثمراً كثيراً. ثم ذهب هؤلاء ، وجاء من بعدهم خلف قفى على آثارهم ، وجرى على تقاليدهم ، فتيسرت له كل الأمور .

فمن الخطأ إذاً تمجيد العلماء للذى فيهم من حيدة ، بحسبان أنهم بدأوها. فما هم ببادئيها . والخير عندى ، لنشر معنى الحيدة ، وقلة الزيغ والهوى بين الناس ، أن نفتش بين هؤلاء الناس ، من غير أهل العلم ، عن ذلك النفر القليل الذى استطاع فى أوسط المصالح الإنسانية المشتبكة ، وارتباكاتها المتعقدة ، أن يفكر فى شجاعة وأمانة وفطنة ، وأن يخرج من التفكير بنتائج لم يرع فى استخراجها صالح نفسه ، أو صوالح من يدين لهم بولاء كائناً ما كان ، ثم هو ينطق بها على الملأ غير خائف ولا هياب ، ثم هو يتشبث بها ويجعل منها قاعدة عمله التى ليس عنها محيد .

إن القول بأن كل تحليل للحقائق مؤسس على الدقة والحيدة مثلٌ للطريقة العملية ، قول يؤدى إلى اختلاط ، أى اختلاط ، فى سبيل فهم

العلم . والقول بأن دراسة العلم هى أحسن الوسائل لتدريب الشباب على الحيدة عند تحليل الحقائق فى المشكلات الإنسانية قول أقل ما يقال فيه أنه فرض فيه شك كثير . وأولئك الذين يقولون بأن عادات الفكر التى اكتسبها رجل العلم فى معمله ، ونظراته التى تعودها فى إجراء علمه ، يمكن نقلها والانتفاع بها إلى مناطق أخرى غير منطقة العلم من مناشط الإنسان ، قول يحتاج القائلون به إلى دعمه بالحجج الكثيرة المجهدة .

إن أكره ما أكره تقديس العلم كما تقدس الأصنام . ومع هذا فأنا أرى أنه من المرغوب فيه كثيراً أن يفهم الناس أكثر مما فهموا كيف يعمل العلماء، والطرائق التى يتبعون . إن أمثلة من العلم كثيرة قد انتشرت بين الناس أى انتشار ، وأثارتهم أية إثارة ، وأرتهم أن العلم وطرائق العلم وسائل ناجحة فى حل الكثير من المشكلات . ويترتب على هذا شىء لا بد منه ، ذلك أن تعطى المدارس وأن تعطى الكليات طلبتها فكرة أكثر اتساعاً وأكبر وضوحاً عن هذه الطرائق العلمية كيف تولدت ، ومن بعد ذلك كيف تنشأت واتسعت . إن باحث العلم يعمل اليوم تحت قيود مصنوعة وهو فى معمله أو مختبره[١] يعمل فى غير وعى من هذه القيود مما ألفها ، وهو من أجل هذا يحلل ما يجد من حقائق فى برود تحليلا يكاد يكون عملا راتباً من أعمال الروتين . وقد أدى هذا الأسلوب من العمل إلى نجاح من بعد نجاح ، فأثر فى الرأى العام بذلك تأثيراً بالغاً . ففهم هذا الأسلوب على حقيقته يفيد الناس فى تدعيم العناصر الصالحة فى الحقول الأخرى من

---

(١) المعمل عند المصريين هو ما تجرى فيه التجارب العملية ، فى مدرسة أو جامعة ، أو غير ذلك . والمصنع هو ما تصنع فيه الأشياء للأسواق كمصنع حامض الكبريتيك ، ومصنع الصابون . ومن الشعوب العربية من يسمى هذا المعمل مختبراً . ويسمى المصنع معملا .

حياتهم المدنية . وحقيقة هذا الأسلوب لا يمكن أن تفهم إلا إذا تصورناه نتيجة لتطور اجتماعى نبتت أصوله التاريخية وامتدت فى القرون الثلاثة الماضية . والناس ، فوق حاجتهم إلى فهم شيء عن طرائق العلم ، هم فى حاجة إلى فهم العلم ، كيف يعمل ، بحسبانه مغامرة من مغامرت الإنسان على هذه الأرض .

العلم مناشط منظمة منسقة

إن العلوم الطبيعية وعلوم الحياة تتألف اليوم من مجموعة من المبادئ والنظريات ، مشتبك بعضها ببعض ، ومن مقادير عظيمة من الحقائق مصنفة مبوّبة . وهى إلى جانب ذلك أنتجة لمنظمة حية . إن النظريات والقوانين والفروض والحقائق جميعاً يجدها الواجد فى دور الكتب ،وفى المتاحف من نباتية وحيوانية وغير ذلك . ولكن كل هذه الأشياء مخلفات مما ركم الزمان . وهى ودائع ميتة لا حياة فيها . وإنما غير الميت من العلم هو ذلك النشاط الذى يرتبط فى أذهاننا ، لا بالشيء الذى سبق أن اكتشفته المعامل والمختبرات ، بل بالشيء الذى لم تكتشفه بعد ولم يكتشفه القائمون بالتجارب فيها . هو مجموعة ما عند هؤلاء المجربين من خطط ، ومن آمال ومن أطماع هى سائرة فى سبيلها إلى التحقق أسبوعاً من بعد أسبوع ، وشهراً من بعد شهر ، وعاماً من بعد عام. إن هذه لهى جوهر العلم الحديث . وإن هذا لمثلٌ واضح ، يضربه المرء للشيء

يكون فى أجزائه غيره فى مجموعه ، وغيره كثيراً. ومن الأدلة على هذا أنك لو حُلت غداً بين الآلاف من العلماء الذاهبين إلى معاملهم، فمنعتهم من أن يتصل بعضهم ببعض، وأن يتصلوا فى سهولة ، إذاً لقضيت على العلم الحديث قضاء مبرماً.

إن هذا الأمر أعقد مما قد يتصور الرجل من سواد الناس، وأخطر مما يقدر . إن الناس يجهلون أو هم ينسون أن العلم اليوم نشاط موزع بين العديد من العلماء، وهو بينهم منظم . إنها منظمة إنسانية هائلة. وإلى جهل الناس هذا ، أو نسيانهم إياه ، ترد مقالات كثيرة تقال فى الناس سخيفة ، وأعمال يجريها الناس خاطئة . وإلى هذا الجهل ترجع ثقة مدهشة يعطيها الناس بغير حساب لدجالين ، يدجلون وهم واعون فى دجلهم أو غير واعين . وإليه يرجع تصديق الناس خرافات مما يحكيه العجائز ، فتدرج فى الناس على أنها حقائق مما أخرج العلم وأثبت العلماء . ومن الناس من يسوى بين نتائج العلم وأعمال السحر . فهذا رجل يقول لك فى جد إنه يعرف رجلا يستطيع وهو على بعد ميل أن يصفر صفرة يوقف بها محرك سيارة . وهذا آخر يحكى لك عن رجل يؤمن به، غير ذى علم أو خبرة ، يستطيع أن يصنع لك مطاطاً من قمامة فى خطوة واحدة . هذا إلى كثير مما تسمع فى حقل الطب من صنوف من العلاج يلبسونها ثوب علم كاذب ، ومن أدوية وعقاقير لم ينزل الله لها فى أى داء من سلطان.

إن المرء لا يلام إذا هو مر على خطأ فى أمر يتصل بقواعد علم الطبيعة أو الكيمياء أو علم الحياة فلم يدركه . وليس منا ، ممن اشتغلوا

بتدريس هذه العلوم أو كتابة كتب فيها لسنوات عديدة ، من لم يجد نفسه فى حاجة إلى مراجعة بعض الحقائق فيما يدرس أو يكتب ، وإلى تنقيحها مسايرة للعلم فى تقدمه ، ومطابقة لما يأتى به العلم من جديد . ومع هذا فالمرء منا لا يكاد يسمع بخطوة جديدة مزعومة فى العلم حتى يأخذه منها أول ما يأخذ ارتياب . لعل الخطوة كاذبة. ويأخذ يعدد لنفسه ما صادف هو فى عمله من خطوات كواذب . ولكنه يحس فى قرارة نفسه أن الريبة سوف لا تطول ، وأن الأمر سينكشف بعد حين قليل ، إلا أن تكون هذه الخطوة الجديدة التى خطاها العلم من الخطوات النوادر التى تتضمن انقلاباً . وهو يعلم أن هذه الخطوة الجديدة ، هذه الحقيقة الجديدة ، لا بد آخذة سبيلها إلى النشر ككل الحقائق عندما تكتشف ، وسوف يقرؤها العلماء فى كل بقاع الأرض . وإن كانت هى حقيقة ذات خطر ، فسوف يعالجها العلماء بالبحث وبالنقد . ولن تفلت من أيدى العلماء حقائق من التى تثير الفكر إثارة أو حتى من تلك التى لا تجذب الأنظار إلا لفتاً .

ولن تقف الحال بهذه الحقيقة المكتشفة المزعومة حتى يعاد الذى جرى بها من حساب حاسب ، ويعاد الذى أجرى لها من تجربة مجرب. فحقيقة كهذه سوف تترتب عليها نتائج أخرى. وتستخرج منها معان أخرى ، فى نفس الحقل من العلم أو فى حقول مجاورة متصلة. وسيتتبع العلماء هذه النتائج المترتبة ، وهذه المعانى المستخرجة ، ليحققوها، فإن هى لم تتحقق حكموا على الحقيقة الأولى المكتشفة المزعومة بأنها حلم آخر من الأحلام الكواذب ، وسيبلغ الحكم صاحب هذا الحلم آخر

الأمر ، وسيكشف خطؤه وينتشر تصحيحه . أو لا يكون شيء من ذلك فيترك الأمر حتى ينسى .

إنى أستطيع أن أكتب مجلداً كبيراً عن أمثال هذه الأخطاء التى وقعت فى تجارب علم الطبيعة والكيمياء وعلم الحيوان ، تلك التى وجدت سبيلها إلى النشر فى المائة عام الماضية . وأستطيع أن أكتب كذلك مجلداً آخر كبيراً كهذا أسجل فيه ما تجمع فى المائة عام الماضية من آراء لم تثمر أبداً ، ومن أحكام مطلقة ونظريات ناقض بعضها بعضاً .

إن الحقيقة الخطيرة التى يخرج بها الناظر بها فى التاريخ الحديث للعلوم التجريبية (منذ عام ١٨٥٠ مثلا) هى وجود رابطة من أفراد، متواصلين أقرب التواصل، يستجد الرأى عندهم فينتشر بينهم أسرع انتشار ، ويكتشف الكشف فما أسرع ما يولد كشوفاً ، والخطأ يذيع بينهم ، والفكرة غير السليمة، فلا يفتأ على الجملة أن يكون الكل هذا تصحيح وتصويب . وهذه الرابطة الوثيقة كثيراً ما يفوت خطرها أولئك الذين يتحدثون عن العلم وهم لم يمارسوه . وفات خطرها السياسيين حتى فى الولايات المتحدة فتقدموا باقتراحات غاية فى الغرابة ، أدى بهم إليها جهلهم بأن ما يخرجه العالم الواحد يصبح ملكاً لآلاف العلماء، وأن الفكرة الجديدة، تتلقح بأفكار فى رؤوس العلماء ، فتنتج أفكاراً جديدة وهكذا دواليك. وكما فات خطر هذه الرابطة العلمية أهل السياسة فى الولايات المتحدة فات كذلك قادة روسيا فعمدوا على ما يظهر إلى تغيير طبيعة العلم بحسبانه منشطاً لا يقوم إلا اجماعياً بين فرق العلماء . كذلك يجب أن نذكر أن العلم لم يكن مهنة يمتهنها الرجال إلا فى عصرنا الحديث هذا ، وأن كثيراً من

الكشوف التى تقدم بها العلم إنما جاءت على أيدى رجال هواة[1] . وفى الأمثلة التى سوف نوردها فى هذا الكتاب لإيضاح طرائق العلم سوف لا نلقى فيها إلا القليل من الرجال الذين اكتسبوا رزقهم من بحث فى العلم أو حتى من تدريسه .

ويستطيع المرء أن يقول فى إجمال إن العلم الحديث بدأ فى الجامعات الإيطالية فى القرن السادس عشر ، وانتعش فى هذه البيئة الإيطالية إلى نحو منتصف القرن السابع عشر ، ثم انتقل مركز النشاط بعد ذلك إلى باريس ولندن . وتقل أهمية الجامعات بعد ذلك فلا تعود إلى خطورتها إلا فى القرن التاسع عشر . والقرن السابع عشر والقرن الثامن عشر كانا عصر الجمعيات العلمية ، لا سيما الجمعية الملكية بلندن (Royal Society of London)[2] ، وأكاديمية العلوم بباريس (Académie des Sciences) .

وخطورة الجمعية الملكية وأكاديمية العلوم كانت فى أن هاتين الهيئتين الرسميتين بدأ منهما تكوين الهيئات الكثيرة غير الرسمية التى اشتغلت بالعلوم . إن الجمعية الملكية خرج بها مرسوم للملك شارل الثانى بعد

---

(١) هذه فكرة أخرى للمؤلف أصيلة متكررة فى الكتاب .

(٢) الجمعية الملكية بلندن ، أقدم جمعية علمية فى بريطانيا العظمى ، ومن أقدم الجمعيات العلمية فى أوروبا . غرضها دراسة العلوم الطبيعية والتشجيع عليها . بدأت نادياً يضم هواة فى العلم ، فى عام ١٦٤٥ ، يجتمعون للمدارسة فيه . ولما اعتلى شارل الثانى العرش ، بعد موت كرومويل ، أنشأ الجمعية بمرسوم . كان هذا فى عام ١٦٦٢ . وقد أدت الجمعية فى القرون الثلاثة السالفة أكبر الخدمات ، وكاتبها واحتمى بها كثير من الباحثين . وسجلاتها سجلات فى تاريخ العلم عظيمة . وهى إلى اليوم مستشار الحكومة البريطانية فى شئون العلوم . ومن رؤساء الجمعية كان نيوتن ، ودافى ، وهكسلى ، وكلفن ، ولستر ، ورالى .

استرجاعه الملكية فى إنجلترا ، وقد استرجعت فى عام ١٦٦٠ بارتقاء شارل الثانى للعرش . ولكن هذه الجمعية نشأت قبل ذلك ، أنشأتها غيرة نفر من العلماء الهواة حطت بهم مقادير السياسات الحزبية فى العهد الذى ضاعت فيه الملكية، عصر« كروميل » (Cromiwell)، فى مدينة أكسفورد (١٦٥٠ – ١٦٦٠) . ونشأت الأكاديمية ، أكاديمية العلوم بباريس ، عام ١٦٦٦ ، أنشأها لويس الرابع عشر بناء على نصيحة « كلبير » (Colbert)[1] . والأب الروحى لهاتين الهيئتين، أو أبوهما الفكرى، جرت عادة القول بأنه « فرانسيس باكون » (Bacon)[2]، ذلك لأنه فى قصته الخرافية التى لم تتم ، تلك التى أسماها « الأتلانتس الجديدة »

---

(١) كلبير ، وزير فرنسا المالى العظيم ، ولد عام ١٦١٩ ومات عام ١٦٨٣ . جاء فوجد الفساد فى الحكم ، والسرقة فى الضرائب ، والاختلال المالى الذى لا حد له ، والخزانة الفارغة . فقضى حياته يصلح ، ويدفع ، فى كل جبهة ، ولا يبالى . فنظم الضرائب ، ونظم الصناعة وهو أنشأها . ونظم التجارة . واللطيف أنه أنشأ ثلاث أكاديميات، منها أكاديمية العلوم . وبعد أن أسدى ما أسدى لأمته ، مات مغضوباً عليه من الملك ، ومن الناس ، ممن شقوا بإصلاحاته .

(٢) فرنسيس باكون ، الكاتب الفيلسوف السياسى الإنجليزى ، ولد فى لندن عام ١٥٦١ ، ومات عام ١٦٢٦ . تقلب فى أحضان السياسة ، فكان عضو برلمان ، وصاحب مناصب فى الحكومة عليا ، ومقرباً من الملكة اليزابيث حيناً ، ومبعداً حيناً . ولم يكن فى حياته السياسية ذا استقامة ولا ذا وفاء . ولما فرغت أطاعه أخيراً من الحكم والحكام ، وتفرغ لـ نتاج أنتج ما أبقى ذكره على الدهر مقروناً بالشكر . إن حياته الخاصة تنقض ما كتب . ومن حيث العلم هو صاحب الرأى فى الطريقة الاستقرائية التى تقول لا بد من جمع الحقائق أولا ، ومن التجريب ، قبل التفلسف ووضع النظريات . وله فى الأخلاق كتابات رائعة .

(The New Atlantis[١]) ، ونشرت عام ١٦٢٦ عقب موته مباشرة ، وصف بيتاً سماه « بيت سليمان » جمع فيه طائفة من البحاث والفلاسفة يتباحثون ويتشاورون . إن باكون من أكبر المؤيدين الشارحين العارضين « للفلسفة التجريبية الجديدة » ، ولكنه لم يفهمها قط كل الفهم ، ولم يتفق أن عالج التجريب بنفسه قط . والظاهر أن أولى الهيئات التى خرجت وفقاً لما تصوره باكون فيما وصف من قصته الخرافية ، كانت تلك الجمعية التى أنشئت فى روما عام ١٦٠٠ وسميت أكاديمية « دى لنسى » (Academia dei Lincei) . وكان « جاليليو » عضواً فى هذه الأكاديمية. وقد وصفت حتى فى ذلك العام الباكر ، عام ١٦١٢ ، بأنها جمعية توجه جهودها ، فى جد ونشاط ، إلى دراسات جديدة ، لم تدرس بعد إلا قليلا . ولم يمض على هذا غير جيل واحد حتى قام تلاميذ جاليليو بمدينة فلورنسا فأسسوا أكاديمية « شيمنتو » (Cimento[٢]) عام ١٦٥٧ . وانتعشت هذه الأكاديمية عشر سنوات فى رعاية رجلين أخوين من أسرة « ميدتشى »

---

(١) الأتلانتس هى الجزيرة التى زعم أفلاطون أنها كانت قد اختفت فى البحر ، وكانت تعيش عليها أمة عظيمة . أما الأتلانتس الجديدة فقصة باكون .

(٢) أكاديمية شيمنتو أى التجريب تأسست فى فلورنسا فى عام ١٦٥٧ ، أسسها ليونارد دى ميدتشى ، وهو أخو الجراندديوك فرديناند الثانى . ويدل اسمها على هدفها ، فقد كان قيامها لمغالبة الأسلوب العقلى البحت السائد فى مجالات الفكر فى ذلك الزمان . فصار هدفها : التجريب الأول ، ثم النظر والفكر من بعد ذلك. ولم تعش إلا ١٠ سنوات ، وفى هذه السنوات العشر صنعت كثيراً ، يراه اليوم أهل هذا العصر فى سجلاتها وهى حافلة ببحوث الهواء ، وضغط الهواء ، وبحوث الماء إلخ. وكان من أمهر أعضائها تورتشليلى .

الشهيرة (Medici)[١] ، هما الدوق الأكبر فرديناند الثانى ، وليوبلد ، وكان كلاهما تلميذاً لجاليليو . وكانت هذه الأكاديمية ، أكاديمية شيمنتو ، وشيمنتو معناها التجربة ، أشبه بمعهد أبحاث فى القرن العشرين منها بجمعية علمية فى القرن السابع عشر . لأن أعضاءها قاموا على التعاون بإجراء تجارب سوف نتحدث عنها فى باب قادم .

ونشأت هاتان الجمعيتان العلميتان الإيطاليتان ، هاتان الأكاديميتان على غرار النوادى الأدبية التى قامت وترعرعت فى عصر النهضة، فى حجر ثقافتها .

وننظر فى تاريخ الجمعية الملكية بلندن ، وأكاديمية العلوم بباريس ، فنتبين شيئاً من اللبس فى أغراضهما . كانا يهدفان فى شىء من الإبهام إلى هدفين : الأول أن يجتمع فى ظلهما رجال يجرون التجارب وفيها يتعاونون . والثانى أن يجعلا من الهيئتين مكاناً يجتمعون فيه ، ويؤدون بالذى وجدوا من نتائج تجاربهم ، ومن غرائب مالاحظوا من الظواهر ، ثم هم فى هذا كله يتناقشون . وكأن المجهودات كلها مجهودات أفراد . أما الجمعية الملكية فلم تعنها الحكومة الإنجليزية بشىء ، إلا اعترافاً بها ومباركة لها ، فلم تستطع أن تبلغ من الهدفين المذكورين إلا أن تكون على الأكثر مركزاً للمدارسة والنقاش . أما أكاديمية العلوم فقد خص ملوك فرنسا أعضاءها بمنح ، كانت تنقطع ثم تعود ، لمدى قرن

(١) ميدتشى أسرة إيطالية نابهة ، موطنها فلورنسا ، أو الجمهورية الفلورنتينية بايطاليا ، ارتفعت إلى ذروة المجد والثراء عن طريق التجارة ، وإلى الحكم . ورعى كبراؤها الأدب والفن والعلم ، كابراً من بعد كابر ، فى القرن الرابع عشر ، فالخامس عشر ، فالسادس عشر .

من الزمان، ومنحوها من الرعاية ما كانوا يمنحون أهل الفن من الرسامين والأدباء .

وقد قامت هذه الجمعيات العلمية بتنظيم رحلات ، قامت هي بالنفقة عليها ، ومنها ما كان له خطر يذكر فى تاريخ العلم . ولكن الخطر الأكبر لهذه الجمعيات كان فيما أخذت تنشره كل منها من مجلات تخرج بانتظام يزودها أعضاء الجمعية بما يعن لهم من أفكار ، وما يخرج فى تجاربهم من نتائج . حتى قال هكسلى (Huxley[1]) عن إحداها، وهى المجلة التى انتظمت تقارير الجمعية الملكية (Transactions of the Royal Society) والتى ابتدأ نشرها فى عام ١٦٦٥ ، قال عنها : « إنه لو أتلفت كل كتب العالم ، سواها ، لبقيت أسس العلم الطبيعى صامدة لم تهتز ، ولوجدنا فيها سجلا للتقدم الفكرى الهائل الذى حدث فى القرنين الماضيين ، ولو أنه عندئذ يكون سجلا بطبيعة الحال غير كامل » . قال « هكسلى » هذا فى القرن التاسع عشر . وإنى لأشك كثيراً فى أن يوافقه اليوم على ما قال علماء العلوم التى يغلب فيها الوصف ، كالكيمياء العضوية وعلم المعدنيات (mineralogy) .

وقبل تأسيس هذه الجمعيات العلمية ، وقبل أن تبدأ هذه الجمعيات بنشر مجلاتها بانتظام ، شهرية أو ربع سنوية ، لتحتوى نتائج مما ابتدع أعضاؤها ، كانت الخطابات وسيلة تناقل أخبار الكشوفات العلمية .

---

(١) هو هنرى توماس هكسلى ، عالم الأحياء الإنجليزى ، ولد عام ١٨٢٥ ومات عام ١٨٩٥ نشأ طبيباً ثم تحول إلى العلم ، وتقلب فى مناصب علمية ، وإدارية علمية كثيرة ، وكان سكرتير الجمعية الملكية عام ١٨٧٢ . وقد عاصر دارون وناصره مناصرة كبرى .

وقد يحدث من وقت لآخر أن باحثاً عالماً ينشر كتاباً صغيراً يضمنه أفكاره ويجمع فيه ما انتهى إليه من تجارب . واتصلت عادة نشر هذه الكتب ، بدلا من النشر فى المجلات ، إلى أواخر القرن التاسع عشر . ولكن فى هذه الأثناء زاد خطر المجلات العلمية عاماً من بعد عام . واليوم لا تنشر الكتب إلا لتلخيص أبحاث سبق نشرها فى المجلات ، أو لتوسيعها والإسهاب فيها . واليوم صارت المجلات ، لا الكتب ، هى المصادر التى يطلع منها المطلع على ما يجريه العلماء ، ويبذلون جهودهم فيه ، عند حدود ما بين المعلوم والمجهول من العرفان .

وقد يتراءى لغير الخبير العارف أنه من المستحيل على رجل أن يجد سبيله بين هذه النشرات التى تملأ عشرات الألوف من الصحائف كل عام ، وأن يهتدى فيها إلى ما يريد . والحق أنه عمل مُجهد، ولكنه أبعد ما يكون عن استحالة ، وأبعد من أن يدعو إلى اليأس ، عند باحث جعل من ديدنه أن يتابع ما يظهر فى المجلات التى يسميها العلماء بالجارية. وقد سهل هذا أنه منذ بدء القرن العشرين أخذت العلوم تتفرع ، وأخذت الفروع تتقسم ، وبلغ التفرع مدى بالغاً . ومع أن مجلات الجمعيات العلمية ظلت تقبل للنشر موضوعات واسعة التنوع ، إلا أن المجلات المتخصصة فى فروع العلوم وأقسامها نشأت باكراً حتى كان منها ما ظهر فى النصف الأول من القرن التاسع عشر . ومن أجل هذا يستطيع الباحث اليوم أن يتابع ما يجرى فى موضوعه هو الخاص بالاطلاع على عدد قليل جداً من المجلات هى كسر صغير مما ينشر الناشرون للعلماء . ومما سهل على الباحث متابعة العلم أن العلم الآن يلخص، ثم هو يفهرس فى استيعاب

وإتقان . وتنشر هذه الفهارس فى بعض فروع دوائر معارف ،وفيها تتلخص النتائج تحت عنوانات مناسبة هادية . ومن هذه الأشياء كلها يستطيع الباحث المبتدئ فى وقت قليل أن يتعلم كيف يصل إلى ما يريد فى مراجع العلم . وشىء ثالث سهل على الباحث العالم الوصول إلى ما يريد، ذلك أن ما ينشر فى موضوع يشار فيه إلى ما سبق أن نشر فى ذات الموضوع استتماماً للإحاطة واستكمالا . وهذه عادة قد استقرت عند كتاب العلم وناشريه .

وأخيراً يأتى عند النشر محرر المجلة الناقد ، الفارق بين الثمين من النتائج والحسيس ، وما هو فى الموضوع وما هو غير ذى موضوع . ومن أكوام الموضوعات التى ترسـل للنشر يستطيع ألا يُخرج إلى النشر إلا النافع ، ويمنع الحثالة . ومع هذا فهذه طريقة لا تخلو من أضرار. فى التاريخ أكثر من مثل لبحث مبتكر ، كان غير مألوف شكلا ، حدا ببعض محررى المجلات ، ممن غلبت عليهم المحافظة مزاجاً ، إلى رفضه فمنعوا نشره إما لحسبانهم إياه خاطئاً أو بعيد التصديق . ولكنا من جهة أخرى نرى اليوم أن المجلات كثرت واختلفت ، وكل الذى يخشى منها ، لا الامتناع عن النشر ، ولكن تأجيله بعض الوقت . والعارفون يقولون إن محررى هذه المجلات ليسوا فى أحكامهم صارمين ، وإنهم أقرب إلى تفويت الكثير من الغث منهم إلى حبس السمين .

ولن نتحدث الآن عن تسجيل المخترعات والكشوفات العلمية ، فالحديث عن هذا نرجئه إلى ما بعد الحديث فى ما بين العلم البحث والعلم التطبيقى من علاقات ، وذلك فى الباب الأخير . فهناك تكون المناسبة

حانت لكلمة تقال فى الاختراع والتسجيل . ولكنى الآن أريد أن أؤكد أن إيصال الخبر العلمى إلى ذويه قد بنى اليوم على أساس متين ، وقد فصل تفصيلا يمتنع معه أن يبقى خبر اكتشاف ذى بال لا يصل إلى أسماع الناس . ولو أن العلم كان كبعض السحر ، إذاً لامتنع الناس عن إفشائه ، ولظلت منه أسرار باقية عند أفراد يكتمونها ، وهم قد يعرضون على الناس ما تصنع الأسرار ، ولكن لا يفضون الختام عنها . حتى فى الكيمياء ، حتى إلى القرن الثامن عشر ، لما بدأت الكيمياء الحديثة تتخلص من ربقة الكيمياء العتيقة ، كيمياء الإكسير وحجر الفلاسفة ، احتفظ الناس فيها ببعض إجراءات تجريبية سراً إلى حين. واليوم تغيرت الحال ، إلا فيما يختص بأسرار العلم التى فى الصناعات . فكل شىء فى العلم منشور . أو هكذا خلنا جميعاً ، قبل عام ١٩٤٠ . فمنذ هذا العام أخذ يخرج علم جديد فى الذرة ، يتصل اتصالا وثيقاً بإنتاج السلاح ووسائل الدفاع ، جعل من قصة العلم ، كيف انطلق وتحرر ، وتحررت بالنشر أخباره فلم يكن عليها رقيب أو رقباء ، قصة فى حاجة إلى تعديل كثير يقلق بال العلماء . وكما يقال فى العالم الغربى عند ذلك ، يقال فى الشرق ، فيما وراء الستار الحديدى .

وسوف نعود إلى نقاش هذا الشذوذ الذى وقع فى منتصف القرن العشرين إلى نقاش هذين الضربين من الخروج عن القياس . وسوف نستعرض فى باب قادم منزلة رجل العلم ، كيف اختلفت على القرون . وعلاقة ما بين العلم والسياسية وهى موضوع جدير بالحديث ، وهى من هم الناس فى أحاديثهم الجارية . وعلاقة ما بين العلم والمجتمع شاقت كل من اشتغل

بصوالح المجتمع العامة . إن قليلا ممن تناولوا هذه العلاقة بالبحث فى السنوات الثلاثينية الأولى من هذا القرن خطر فى بالهم عند ذاك شىء من تلك المشاكل التى عرضت للعلماء والمجتمع كليهما بسبب ابتداع القنبلة الذرية من جهة ، وبسبب اشتداد الدكتاتورية فى الكرملين من جهة أخرى . إن النقاش فى هذه المسائل وأمثالها ممتع ، ولكنه لا يثمر إلا إذا سبقه شىء من فهم العلم . والآن فلنتوجه إلى طرائق العلم لنتعرفها ، بل الأولى أن نتوجه أولا إلى العلم ، لنستطيع أن نجيب جواباً شافياً عن سؤال السائل : ما العلم ؟

الباب الثانى

ما العلم؟

للعلم تعاريف كثيرة يستطيع المرء أن يملأ بها عدة من صفحات . ومع هذا فالرجل العادى عنده فكرته الواضحة عن العلم . فإذا أنت ذكرت له العلم ، ذكر بذكره هؤلاء الرجال الذين يعملون فى المعامل والمختبرات والذين كشفوا الكشوف التى جاءت لنا بالصناعة الحديثة وبالطب الحديث . ومن الناس من ينال من العلم ويحط منه ، إما تصريحاً وإما تلميحاً ، وتبحث عنده عما يفهمه من العلم، فتجد أن هذه اللفظة تثير فى ذهنه أول ما تثير استخدام الناس للعلم فى الحروب ، وعلى الأخص استعمال القنبلة الذرية المدمرة فيها . ومن الناس من يريد أن يروج فكرة أو بضاعة فى الناس ، فيسميها علماً ، ليقبل الناس عليها اعتماداً على ما شاع من فوائد العلم وما درت نتائجه على النـــاس من خير ، لا سيما فى الطب . واختصاراً يستخدم الناس لفظة « العلم » ولفظة « العلمى » ليدْعموا حجة لديهم ، يختلف معناها ويختلف مغزاها تبعاً لما عندهم من جنوح وميول وأهواء . ولعل ما سوف يقرؤه القارئ بعد هذا لا يختلف عن هذه القاعدة .

إن الغرض الأول من كتابة هذا الكتاب إنما هو إطلاع الرجل العادى على ما يجرى فى معامل العلم الحديثة وإفهامه إياه ، عساه أن يربط ما يعلم

من هذا بصنوف أخرى من نشاط الحياة مما قد تنطبق عليه صفة العلم أو لا تنطبق . وهذا الجنوح الذى يبدو منى إلى معالجة العلوم ، ومعالجتها فى صورها التجريبية ، له مبرراته التى لا شك فيها ، حتى والموضوع موضوع عام ، هو موضوع — العلم والناس — . ومن هذه المبررات أنه لا يوجد تعريف للعلم يخلو من الطبيعة والكيمياء ، وعلم الحياة التجريبى ، وأنه لا سبيل إلى إنكار أن التقدم السريع الذى وقع فى هذه الحقول الثلاثة ، وما تلاه من تطبيق كل هذه المعارف المستحدثة فى شتى شئون العيش ، هو الذى أعطى للعلم مكانته فى هذه المدنية الحاضرة .

على أن اقتصار المرء على معالجة العلوم التجريبية لن يعطيه جواباً شافياً للسؤال الذى سألناه أولا ، أعنى ما هو العلم ؟ ذلك أن الآراء لا تلبث ، حتى فى هذا النطاق المحدود ، أن تختلف فى الوسائل والغايات التى تتصل بمناشط العاملين فى هذه العلوم . وينشأ هذا الاختلاف من تباين أصيل فى الحكم على طبيعة العمل العلمى ، ولكنه ينشأ أكثر من رغبة كاتب أو مؤلف فى توكيد جانب من جوانب العلم ، ومجرى العلم فى تقدمه ، يؤكد سواه .

ومن أمثلة هذا الاختلاف رأيان ، بل نظرتان ينظرهما الناظر إلى العلم . نظرة ترى العلم شيئاً ثابتاً جامداً ، ونظرة ترى العلم شيئاً متحركاً دائم الحركة .

والنظرة الأولى ، النظرة الإستاتيكية ، نظرة الثبوت والجمود ، تضع فى بؤرة الصورة ، من العلم ، ذلك الجزء الذى يحتوى القواعد والقوانين والنظريات ، ومعها ذلك الفيض العظيم مما كشف العلم ، ونظم ، وانتظم

من حقائق . والعلم عند أهل هذه النظرة وسيلة غايتها تفسير غوامض هذا الكون الذى نعيش فيه . وتعجبهم تلك الكثرة التى وجدوا ، فيحمدون الله على ما آتاهم . ونحن إذا اعتبرنا أن العلم صرح من معارف مترابطة متراكمة ، ولا شيء غير هذا ، لم تفقد الدنيا شيئاً من منافع العلم ، فى الحقول التطبيقية والحقول الثقافية ، حتى إذا أغلقت كل المعامل العلمية غداً . وهو صرح سيظل غير كامل ، لا شك فى هذا ، ولكنه سوف يكفى عندئذ أولئك الذين ينظرون إلى العلم فيرون أنه وسيلة لتفسير غوامض الكون . وسيرضون عن هذه الحال . ولكنى أتساءل : إلى أى زمن يدوم هذا الرضا ؟

أما النظرة الأخرى ، النظرة الديناميكية ، فترى العلم شيئاً غير ثابت ولا جامد . تراه شيئاً متحركاً . تراه نشاطاً متصلا . وكل ما جمع العلم من حقائق ، فأخطر ما فيها أن منها يستطيع الباحث أن يثب إلى حقائق أخرى . وهذه النظرة ترى أن المعامل إذا أغلقت ، فإن العلم يذهب بذهابها . والحقائق والقواعد والقوانين والنظريات تظل فى مواضعها فى الكتب ، تظل على أرففها من تلك المتاحف التى هى من ورق ، وتصبح أشياء لا معنى لها ، وتصبح أقوالا لا سند لها ، لأن السند لا يكون إلا بالتحقيق وإعادة التحقيق . وكيف يكون تحقيق وقد غلقت المعامل ؟ !

لقد قلت فبالغت ، وهكذا تعمدت . ولكنى أعود فأقول إنه ليس أحد ، إلا من ملكت سورة الحجاج زمامه ، يستطيع صادقاً أن يدافع عن أى من النظرتين ، النظرة التى ترى العلم شيئاً جامداً ، وتلك الأخرى التى تراه شيئاً متحركاً . فكلتاهما نظرتان متطرفتان . والذى دعانى إلى

المبالغة ما أراه فيما يُعرض من العلم فى المدارس وفى الكليات وعلى الجمهور ، فهو يعرض أشكالا جامدة لا تعرف الأسانيد . وهذا يميل بالمواطن ، غير واع ، إلى ناحية واحدة من تصور العلم دون الناحية الأخرى . يميل به إلى نظرة الثبوت والجمود . بينا عالم المعمل إنما يقوم فيه ليكشف عن جديد . والمواطن لا يمكن أن يفهم ما يعمل العالم فى معمله ، ولا كيف عمل السابقون له من العلماء فى تقديم العلوم منذ القرن السادس عشر إلى اليوم ، إلا إذا هو مال عن نظرة ترى العلم ثابتاً جامداً ، إلى نظرة تراه متغيراً متحركاً .

هذا على الأقل ميل نفسى وهواها ، ولن أحاول إخفاءه . وإذاً يكون تعريفى للعلم شيئاً كهذا : إن العــلم سلسلة من تصورات ذهنية (concepts) ، ومشروعات تصورية[1] (conceptual schemes)

---

(١) ليس فى هذا الكتاب أكثر وروداً من هاتين العبارتين ، لهذا لزم الوقوف لإيضاحهما أول الأمر . أما التصور الذهنى أو الصورة الذهنية ، فهى المعنى المجرد الذى يدركه العقل من شىء . وهو نقيض ما تدركه الحواس . فالصورة الذهنية لكرسى هى تلك التى تبقى منه فى الذهن بعد رؤية عدد كثير من الكراسى ، وفى هذه الصورة الذهنية لا يبقى إلا الأصيل المشترك بين الكراسى من صفات . والمهم هنا هو التجريد . ومن الناس من يتسهل فى استعمال هذا التعبير فيطلقه على أى معنى أو أى فكرة .

أما المشروع التصورى فهو نظام يتخيله الذهن قائماً وبه تتفسر جملة من حقائق وقوانين ، وهو يجمع بين أشتاتها فى نسق واحد . ومنه الفرض العلمى . ومنه النظرية العلمية . ومن أمثال ذلك النظرية الذرية وهى تتخيل أن الأجسام تتركب من ذرات لها ولها . . . والذى أولد هذا الخيال ، هذه النظرية ، حقائق الكيمياء وقوانينها . والنظرية تعود فترتد لى هذه الحقائق فتفسرها . وتستجد حقائق فتفسرها فتزاد بذلك قوة ، أو لا تفسرها فتكسب ضعفاً .

ولفظة مشروع تتضمن هنا معنيين : معنى النسق أى النظام ، ومعنى التوقيت . والنظرية لا شك مؤقتة ولو ازدادت على الأيام قوة .

مترابطة متواصلة هى جميعاً أنتجة لحدثين ، الملاحظة والتجريب ، من شأنها أنها تثمر الجديد من الملاحظة والجديد من التجريب . وأنا فى هذا التعريف أؤكد هذا « الإثمار » . إن العلم مغامرة رائدها الظن والتظنن . وصحة الفكرة الجديدة التى تنشأ فى العلم ، وقيمة الحقيقة التى تكشف عنها التجربة ، محكّهما ومقاسهما أن تلد الفكرة الفكرة ، وأن تؤدى التجربة إلى تجربة . فالعلم على هذا التصور ليس مطلباً يبحث عن اليقين غاية ، ولكنه على الأصح مطلب نجاحه يتوقف على درجة استمراره واطراده واتصاله .

إن هذه الجملة الأخيرة قد يقرؤها بعض الناس فيحسبون لأول وهلة أنى أقول إن النشاط العلمى فن من فنون الجنون . وسيتساءلون : لم هذا الجرى الهالع وراء تصورات ذهنية ، ومشروعات تصورية ، لا يكون تحقيقها جميعاً إلا بمقدار ما يلدن من تصورات أخرى ومشروعات أخرى ، لا يكون تحقيقها هى الأخرى ، إلا بتصورات جديدة تولد ، ومشروعات تستجد؟ وهلم جرّا ، إلى ما لا نهاية له . وسيقولون : أليست هذه النظرة الديناميكية إلى العلم ، النظرة التى ترى العلم شيئاً غير ثابت ولا جامد ، بل تراه شيئاً متحركاً ونشاطاً متصلا ، أليست هذه النظرة نظرة المنهزم ؟ اللهم إلا إذا كنت سوف تبرر العلم بما ينشأ من تطبيقه بذلك وحده (وأنا لست من هذا الرأى) . وسيقولون : ولم لا تقول فى صراحة ما قاله قبلك الكثير من العلماء فيما مضى من أحقاب وقرون ؟ إن رجال الطبيعة ورجال الكيمياء إنما يبحثون فى الكون غير الحىّ ليكشفوا عنـــه مم تركب ؟ وليعلموا عنه كيف يعمل ؟ وأنا

أقول : إن صح هذا الذى يقولون هدفاً ، إذاً لكان للعلم نهاية يقف عندها ، على الأقل جدلا ، وإذاً لتوقف العلم عند بلوغ هذا الهدف ، عند الكشف عن الكون مم يتركب ، وكيف يعمل ، وإذاً لأغلقت المعامل وانصرف الباحثون لأعمال أخرى فى الحياة . وسوف تقول يا قارئى : هذا كلام معقول ، أما هذا الهراء الآخر الذى يتحدث عن تصورات ذهنية ومشروعات تصورية يلد بعضها بعضاً ، فأشياء تشغل العلماء عن كشف الحقائق الحقة التى هى عماد العلم وركازه .

والحق أن هذه مسائل ليس من السهل حلها . إن بحثها فى تعمق واستفاضة لا يكون إلا فى كتاب منفرد تكتبه فرقة من الفلاسفة . وأقول فرقة عمداً ومن بعد ترو ، لأنه لا يوجد جواب واحد لمسألة من هذه المسائل . وقد كان فى استطاعتى ألا أعرض لهـــذه المسائل فى كتاب ككتابى هذا ، غرضه عرض الطرائق العلمية عرضاً أولياً ، لأنها مشاكل من همّ الجهابذة الأعلام الذين من شأنهم معالجة المعرفة ، ما معناها ؟ وهل يمكن حقًّا لبنى الناس أن يعرفوا شيئاً، أى شىء ؟ ومع هذا ، فإنى أجد أن الفكرة الشائعة بين الناس ، عما يعمل العلماء ، تتصل فى شىء من الإبهام بمعنى الكون ، وبكشف حقيقته ، ولهذا وجب علىّ أن أخصص بعض فقرات أخرى أبرر بها الحذر الذى أدعو إليه عند معالجة ما يخرجه العلم من نتائج .

العلم والحقيقة ، نظرة مرتاب

إن من مقاصد كتابي هذا أني ، برد ّ العلم إلى ما يعقل الرجل العادى ، فى تفكيره اليومى ، أستطيع أن أفهم هذا الرجل فى يسر ما يصنع العلماء . إن هناك فكرة شائعة مؤداها أن العلم صار رياضيًّا ، وهكذا مجرداً نظريًّا ، وصار فنيًّا إلى درجة انقطع عندها من زمن بعيد ما بينه وبين فكر الرجل العادى من روابط . والحق أن الثورة التى وقعت فى علم الطبيعة ، علم الفيزياء ، فى القرن العشرين ، إنما كانت على الأكثر بسبب أن العلماء عادوا إلى آراء مما يقبل العقل فى بساطته وعلى سليقته ، وزادوها تأملا وتدبراً ، فكان من جراء ذلك انقلاب كاسح فى تصور هؤلاء العلماء للفضاء وللزمن . ولكن الرجل العادى لا يمكن أن يبدأ تفهمه العلم بالدخول فى هذه المسائل العويصة ، كالنسبية (Relativity[1])

---

(١) النظرية النسبية ، إن صح أنه يمكن تفسيرها فى كلمة ، فهى محاولة تفسير أنتجة العلم الطبيعى وتنسيقها على أساس أن الحركة التى يمكن أن يلحظها الإنسان إنما هى حركة نسبية ، وهى وحدها النوع الواحد الوحيد من الحركة الذى يمكن اعتباره فى بحث قوانين الطبيعة وفى وضعها . ويطبق أينشتين هذه النظرية على قوانين الكهرباء والضوء ، فيجد أنه إذا أريد تطبيقها على هذه الظواهر ، وكذلك على قواعد الميكانيكا ، وجب تغيير قوانين نيوتن عن الحركة . إن الفرق الذى يحدثه هذا صغير فى كل السرعات العادية ، ولكنه ليس بالصغير فى بعض الظواهر الفلكية حيث كل شىء هائل كبير ، ولا فى الظواهر الديناميكية الكهربائية حيث كل شىء هائل ، صغير وكبير .

والنظرية الكمية ، نظرية الكوانتم ، أو النظرية القنطامية (Quantum Theory[١])
إذاً لاختبل واختلط وضل ضلالا بعيداً . من أجل هذا نقترح له النقيض من ذلك . نقترح أن نبدأ له بالعلاقة التاريخية التى كانت بين العلم وبين الرأى الباده الفطرى المشترك بين الناس (Common sense[٢])
ثم ننتقل من هذه إلى عرض وجوه العلم الحديث ، وهى عديدة مختلفة . وإنى آمل أن طريقتى هذه ، طريقة الحذِر المرتاب ، والأسلوب الذى أتبعه فى تحليل طرائق العلم ، لن تقوم حجر عثرة فى سبيل من يريد أن يتابع من بعد ذلك بالقراءة استطلاع أى وجه من وجوه العلم الحديث .

---

(١) النظرية القنطامية ، إذا أمكن تفسيرها فى كلمة ، فهى نظرية نشأت فى مخاصمة قواعد الميكانيكا الكلاسيكية . ولنأخذ الحركة مثلا . فالجسم المتحرك ذو السرعة المتغيرة تفرض فيه النظرية الميكانيكية أنه ينتقل من سرعة إلى سرعة إلى سرعة فى تواصل مستمر ، كالمنحدر المستوى ، لا يحس المنزلق عليه بانتقال من سرعة إلى سرعة . أما النظرية القنطامية فتقول إن هذا التغير فى السرعة يقع على درجات كدرجات السلم . فإذا نحن لم ندرك هذه الدرجات فبسبب صغر الفرق عند الانتقال من درجة إلى درجة ، فهى لا تحس . أو بسبب أن الحالة القائمة هى حالة استاتيكية تنتظم عدداً كبيراً من الأنظمة الصغيرة ، والذى يظهر لناظرها وملاحظها ، حتى الذى يقيسها فى تجربة مثلا ، إنما هو متوسط هذه الأنظمة جميعاً.

(٢) هذه العبارة كثيرة الترداد فى هذا الكتاب ، وهى موجودة فى اسم الكتاب نفسه ، ومعناها أصلا العقل أو الحس أو الفهم المشترك بين الناس . ولكن يضاف إلى هذا المعنى ظلال من معان . فهى قد تعنى الرأى الباده الذى يأتى لفكر الناس بالبديهة ودون توقف كثير . وهى قد تعنى « الشىء المعقول » . وإذا وصفت التجربة بهذه العبارة فهى التجربة التى يجرى فيها المجرب على أسلوب الفطرة وعادة السواد من الناس . فهم إذا ابهم عندهم شىء واستغلق فالطريقة البادهة هى « اكسر وافتح وانظر » ، بدون تخطيط أو تدبير أو استعمال نظريات أو تفلسف أياً كان .

إن الذى يريد أن يبسط العلم اليوم للناس لا يستطيع أن يكتب كما كتب الكتاب فى القرن التاسع عشر، وذلك بسبب ما كشفه علماء الطبيعة، علماء الفيزياء، فى هذا القرن الحاضر من كشوف. إنه مما لا شك فيه أن العلم فى وقت ما، حول عام ١٩٠٠، قد سلك طريقاً جديداً غير مسلوك بالمرة ولا منظور. لقد دخلت العلم مراراً نظريات ثورية، واكتشفت فيه مكتشفات تاريخية، ولكن ذلك الذى حدث فيما بين عام ١٩٠٠ونحو عام١٩٣٠ كان شيئاً يختلف عن هذه النظريات وهذه المكتشفات كل الاختلاف. إنها نبوءة عامة تنبأ بها العلماء من تجاربهم – وتنبئوا بها فى اطمئنان وثقة ويسر – قد فشلت. وهذا الحادث فى ذاته، هذا الفشل، يكفى تبريراً لى فيما أقول به من أن الواجب علينا أن ننظر إلى كل نظريات العلم وتفسيرات العلم على أنها أشياء مؤقتة يعوزها الخلود. ولسوف يجد الكثير، ممن يدركون معنى ما أصاب علماء الفيزياء من تغيير وجهة، أن التعريف الوحيد للعلم الذى يمكن أن يقبل فى ظلال هذه الحوادث إنما هو هذا الذى يقول بأن العلم «مجموعة من مشروعات تصورية تتولد من التجارب العلمية، وتثمر التجارب».

قال الأستاذ «بردجمان» (Bridgman) من زمن قريب، «إن عالم الفيزياء أصيب، فى أول هذا القرن العشرين، بما يمكن أن يسمى أزمة عقلية فرضتها عليه التجارب بالذى أخرجته من حقائق، ليس فقط لم تكن منتظرة، بل كانت عنده مما لا يتصور إمكانه أبداً». وكان الأستاذ «بردجمان» يتحدث أصلا فى ظواهر السرعة العالية، تلك الظواهر التى وجدت لها فى النظرية النسبية الخاصة مشروعاً تصورياً ينتظمها ويفسر غوامضها.

وليس يقل عن هذا غرابة — فى رأى رجل مثلى ، ليس عالماً فى الطبيعة ، ولكن كان من حسن حظه أن يستمع إلى علماء الطبيعة أكثر من أربعين عاماً — ما وقع فيما يتصل بدراسة الضوء، المرئى منه وغير المرئى.

وتلك قصة ذلك فى اختصار :

كثير من الظواهر الضوئية البسيطة يمكن تفسيرها بنظرية (أى بمشروع تصورى) يتصور الإنسان فيها الضوء كأنه حركة موجية . وبعض هذه الظواهر يمكن تفسيره بنظرية أخرى يتصور الإنسان فيها الضوء على أنه شعاع من نور يتألف من دقائق تجرى فيه متلاحقة على خط سوىّ . وكانت هذه النظرية ، نظرية الدقائق (Corpuscular) هى أقدم النظريتين ، وكان مكانها فى العلم راسخا . حتّى إذا جاء عام ١٨٠٠ ، حدث فيه أو فيما حوله من أعوام ، أن كشفت التجارب عن ظواهر يصعب تفسيرها ، إن لم يتعذر ، إلا بالنظرية الموجية(Wave theory) ثم ما انتصف القرن التاسع عشر حتّى اطمأن العلماء إلى هذه النظرية ، النظرية الموجية ، كل اطمئنان . ومع هذا ، فقد حدث فى عام ١٨٧٠ ، أن أستاذاً من أساتذة جامعة « هارڤارد » (Harvard) ، فى عقله مس من خبال ، ظل يؤمن بنظرية الدقائق تلك ، ويقول : « إن السبب فى أن الناس يؤمنون بالنظرية الموجية هو أن الذين يؤمنون بنظرية الدقائق قد ماتوا » .

وبقيت هذه الدعابة حية فى جامعة «هارڤارد» حتّى عام ١٩١٢ .ولكن حتّى فى هذا العام أحس الناس بأن الذين ظلوا يتمسكون بنظرية الدقائق لم يفعلوا ذلك حبّاً لقديم يعز على المرء تركه وإسلامه . فقد صار من

الواضح عندئذ أنه توجد ظواهر كثيرة فى امتصاص الضوء (Absorption) وانبعاثه (Emission) لا يمكن تفسيرها تفسيراً مرضياً إلا بنظرية الدقائق الضوئية . ووقع العلماء فى حيرة . ولا أشك أبداً فى أنهم جميعاً ، فى ذلك العام ، منذ أربعين عاماً ، توقعوا جميعاً ، بل أيقنوا أن الخروج من هذه الحيرة ليس إلا مسألة زمن ، وأن الغد كفيل ، بتجارب مختارة ، تسهل المعضل وتحل المشكل حلا موفقاً . ولقد أذكر أنى سمعت فى تلك الأيام عمدة فى عالم البصريات (Optics) ، بجامعة «هارڤارد» ، يقول فى محاضرة: «إن الضوء لا يمكن أن يكون موجات ودقائق فى آن واحد ، إنه إذاً السخف» . وعاد يؤكد لسامعيه أنه لا بد أن تجرى تجربة حاسمة تقضى قضاء مبرماً بين النظريتين المتنافستين . وها نحن بعد عام ١٩٥٠ ، ولم تجر تلك التجربة الحاسمة المرجوة بعد ، وإنى لأشك فى أن أجد اليوم كثرة من العلماء تؤمن بأن هذه التجربة الحاسمة المرجوّة لا بد آتية . إن الظن الغالب الأغلب أنها لن تأتى أبداً . والرأى اليوم فى تفسير الضوء أن هناك مشروعين تصوريين ، يفسران ظواهر الضوء جميعاً ، وظلا يفسرانها منذ عشرات من السنين ، أحدهما يفرض وجود دقائق ، وبها تتفسر بعض هذه الظواهر ، والآخر يفرض وجود الموج ، وبه تتفسر الظواهر الأخرى . وليس فى احتمالات اليوم تجربة يمكن ابتداعها تقضى فى أمر الضوء ، أهو دقائق أم موجات .

وقد يحسن بى هنا أن أطالع القارئ بما قالته دائرة « المعارف البريطانية» فى طبعتها الرابعة عشرة فى عام ١٩٢٩ تحت مادة « ضوء » (Light) . بدأ الكاتب مقاله بما يأتى :

« قد ينتظر منا أن نبدأ الحديث في الضوء بالتحدث عن حقيقته ، وبعد تحقيق ذلك ننتقل إلى خواصه . ولكن هذه الطريقة مستحيلة . لأن الضوء من المعانى الأصيلة الأولى التى يعجز عن الوصول إليها أى معنى آخر أو معان أخرى نسخرها لتفسيره . فطبيعة الضوء لا يمكن التعريف بها إلا بتعداد خواصه ، وببناء هذه الخواص على أبسط الأسس الممكنة . وبما أن هذه الأسس تعجز عن إدراكها خبرة هذه الحياة ، فقد وجب أن نعبر عنها بصورة من صور المنطق البحت ، أعنى بالرياضة . . . . . وعلى هذا سوف نصف كيف يعمل الضوء ، مستعينين بالتشبيهات والاستعارات ، وهذا الوصف هو «حقيقة» الضوء إذ لا شيء يمكن سواه» .

فهذا ما قاله عالم فى الطبيعة ممتاز فى عام ١٩٢٩ ، وإنى أقتبسه لأعزز به رأيى المنبث فى طول هذا الكتاب وعرضه . وأحب أن أقارن هذا المقال بنظيره فى نفس دائرة المعارف هذه ، فى طبعتها الحادية عشرة ، فى عام ١٩١١ ، وقد كتبها فلكى ، ولكنه لا شك كان يعرض فيما كتب رأى علماء الطبيعة ، علماء الفيزياء ، فى تلك الأيام . قال الكاتب ، بعد أن ذكر أن الضوء يمكن تعريفه بما يجد المرء من أثر له فى نفسه ، قال : « أما تعريفه الموضوعى ، بصرف النظر عن أثره فى ذات رائيه ، والتعرف على حقيقته ، فهذا هو الهدف الأقصى للأبحاث الضوئية » .

من هذين المقالين ، مقال عام ١٩١١ ، ومقال عام ١٩٢٩ ، نرى كيف انتقل الاهتمام بمعرفة حقيقة الضوء ، إلى الاكتفاء من هذه الحقيقة بالذى يذكر من خصائص الضوء . إنها نقلة ظاهرة حتى لمن لا يعرف من الطبيعة شيئاً .

وقد يحس من يقرأون كلامى هذا من رجال الطبيعة الأحدثين أنى لم أنصف التاريخ ، وأنى مررت مرّ الكرام على تطور معقد فى علم الطبيعة لم تكن فيه هذه البساطة والسهولة . ولكنى إنما أريد ، بمقابلة رأى العلماء فى حقبة برأى غيره فى حقبة أخرى ، أن أبرز الصعوبات الكبرى التى يلقاها من يطلب تعريف العلم اليوم بألفاظ ألفها العلماء منذ خمسين عاماً .

وإنى أسأل أصدقائى العلماء الذين لا يرضون عن مزاجى هذا المتشكك ، وعن هذه الريبة المتفشية فى هذه الصفحات ، أسألهم كيف يمكن الفرد منا أن يتحدث فى سهولة عن « حقائق الأشياء » بينا هو مطالب قسراً بالحذر عند ما يتحدث عن أمر ظاهر السهولة « كحقيقة الضوء » . وفوق هذا ، أليس الخير ، من الوجهة التعليمية البحتة ، وطلباً للسهولة ، أن يبدأ هؤلاء الذين لا يألفون العلم ألفة العلماء ، أن يبدأوا بالشك ، لينتهوا بالحقائق تلقى فى روع الناس وكأنها اليقين ؟ ثم أليس هذا خيراً من أن يبدأوا بهذا اليقين المزعوم ، لينتهوا بالشكوك والريب . إن القارئ الذى ينتهى من قراءة هذا الكتاب ، ويجد فى قلبه الشك فيما أنتج العلم ، ثم هو يريد أن يعيد إلى قلبه الإيمان ، فسوف يجد كل العوامل تعمل على إعادة هذه الثقة وهذا الإيمان ، وكيف لا ، وكل حقائق العلم تلقى على الناس إلقاء الأحكام التى فرغ القضاة منها فليس عليها تعقيب ولا لها استئناف.

وأخيراً أذكر أن هؤلاء العلماء الذين يتلقون نتائج العلم الطبيعى بأقل مقدار من الشك لا بد هم معترفون معى بأن تاريخ النظريات دل على أنه ما من نظرية جديدة ابتدعت إلا ووقف الناس منها ، عدا

مبتدعيها ومناصريها ، موقف الحذر الشديد . لهذا أطلب إلى القارئ ، وهو يتابعنى فيما أعرض من طرائق العلم التجريبى ، ممثلا لها بأمثلة أقتبسها من تاريخ العلم ، أطلب إليه أن يحمل فى قلبه أكبر مقدار من الشك فيما سوف يسمع من إيضاح وتفسير .

زيادة الكفاية فى المشروعات التصورية

والآن فلنعد إلى الحديث عن العلم ، نتحدث فيه حديث الطبع والفطرة بالأسلوب الذى يجوز فى إفهام الناس عامة ، إنى لا أحسب أن هناك حاجة إلى التدليل على أن الإنسان بدأ يجرب أولا طلباً لنتائج عملية ينتفع بها انتفاعاً ، ومن تجريبه هذا العملى النفعى خرج إلى التجريب العلمى . فهذه بديهية من أولى البديهيات التى يعقلها كل الناس . ولكن أكثر منها أصالة فى التعقل الإنسانى أن الأجيال من العلماء الذين سلفوا ، بعد أن أخرجوا من نتائج تجاريبهم ما أخرجوا ، وبعد أن بنوا عليها من المشروعات الفكرية والنظريات ما بنوا ، وحسنوا فيها ما حسنوا ، أن تلك الأجيال من العلماء إنما درجوا فى كل هذا على الأسلوب نفسه الذى يدرج فيه الطفل الوليد ليتعرف ، فى حياته الجديدة ، على الناس والأشياء . حتى التجريب العلمى نفسه ، بصرف النظر عما تلاه من تنظيم وتفكير وتفسير ، يمكننا ، إذا نحن فرضنا صحة النظريات النشوئية الجارية ، أن نربط بين هذا التجريب وما حاوله الرجل البدائى من التعرف إلى

دنياه ، ثم نقل ما عرف منها ، عن طريق اللغة ، إلى ما تلاه من أجيال .

كتب « وليم جيمس » (James) من زمان يقول : « إن حياة الإنسان العقلية ما هى ، فى الكثير الأكثر منها ، إلا نقل ما يجده بطريق الحس فى اختباره لدنياه إلى تصورات ذهنية تقوم بديلا منها . . . . وكل كتاب جديد يخرج إنما يسجل بالألفاظ اللغوية تصوراً ذهنيًّا جديداً يبلغ من الخطورة بمقدار ما يستطيع أن ينتفع به الناس . ومن هنا تتولد إلى جانب دنيا الحس دنى للفكر عديدة ، تربط أجزاءها روابط كثيرة . منها دنيا المعقولات العامة التى لا يكاد يجد الناس فيها جدلا ، ودنيا الواجبات المادية التى لا بد أن تؤدى ، ودنيا الرياضيات وتختص بالأشكال خالصة بحتة ، ودنيا الأخلاق وقضاياها ، ودنيا المنطق ، ودنيا الموسيقى وهلم جرّا . وكلها دنى من معان جردها الإنسان وعممها ، واشتقها من أصول حسية له قديمة نُسيت من طول ما مضى عليها من الزمن . ثم هى تعود لتمتزج بهذه التجارب الحسية القديمة الحديثة التى يجدها الإنسان الآن فى يومه وسوف يجدها فى غده . . . . . كلاهما ، من مدركات مجردة معممة فكرية ، ومن مدركات حسية ، يختلط بعضهما ببعض ، ويذوب بعضهما فى بعض ، ويلقح هذا منها ذاك وذاك هذا ، ومن اختلاطهما ومن توالدهما ينشأ معنى العيش . ومنهما ، ومنهما معاً ، يفهم الواقع بتمامه . وهما لنا كالرجلين ، لابد منهما لنا معاً للسير فى الحياة » .

إن العلم التجريبى يمكن اعتباره منشطاً يزيد فى كفاية التصورات الذهنية والمشروعات التصورية التى ترتبط بصنوف خاصة من المدركات الحسية ، وهو منشط يؤدى إلى أنواع من مناشط أخرى . والعلم التجريبى ، على

هذا الاعتبار ، هو بعض الذكاء الإنسانى العام بل امتداد له . فالذكاء العام بدوره إن هو إلا محصول الناس من تصورات ذهنية ومشروعات تصورية أثبتت الخبرة الإنسانية أن لها نفعاً عظيماً فى حياة البشر. ومن هذه التصورات الذهنية والمشروعات التصورية ما نقل إلى العلم نقلا، ثم قلّم هنا ، وشذب هناك، فكان منه نفع طويل بعيد . ومع هذا فقد علمتنا الثورة الحديثة التى وقعت فى علم الطبيعة ، علم الفيزياء ، أن أخطاء كثيرة قد تقترف بسبب نقص فى الدقة التى يجب علينا أن نتوخاها فى تحديد معنى تلك الصور الذهنية التى تنتسب للذكاء العام ، وتحديدها بحيث يستطيع صاحب التجربة العلمية أن يدرك حقيقة الهدف الذى يهدف إليه من تجريب . ونحن حتى فى الأمثله البسيطة التى نوردها فيما بعد ، سوف لا نغفل الإشارة إلى هذه الصعوبات . ولكن على القارئ أن يطلب فى غير هذا الكتاب ما قد يطلبه من جواب لسؤاله : ماذا يكون أثر ما يخرج هذا القرن الحاضر من نتائج تجريبية ونظريات علمية فى الخطوط الكبرى للفلسفة التى تهدف إلى تفهم الإنسان هذا الكون الذى فيه يعيش ويحيا ؟ .

فروض يقرها العقل على فطرته

فى كل ما سنعرض له فى الأبواب القادمة سوف نسلم بكثير من المشروعات التصورية التى يجيزها العقل بفطرته . مثال ذلك أننا سوف نسلم بوجود أشخاص غير أشخاصنا نستطيع أن نتفاهم معهم . وسوف نسلم بوجود أشياء تحتل مكاناً فى فضاء له على الأقل أبعاد ثلاثة بالمعنى الذى وضعه علم الهندسة الذى تعلمناه فى المدارس . وسوف نفرض فوق ذلك أن لهذه الأشياء وجوداً مستقلا عمن يرونها من الناس . كذلك لا بد من فرض أن الطبيعة ثابتة فى سلوكها وتخلقها ، وأن ظواهرها لا بد أن تعود كلما عادت الظروف والأسباب التى أنتجتها . فهذا فرض أساسى للعلوم قاطبة . وهو فرض آخر من فروض العقل الفطرى أعطى للعلماء أرضاً ثابتة راكزة مطمئنة يبنون عليها ما يبنون . وهو فرض سلم به الأوائل من أهل التجربة فى عصر النهضة كما سلم به من سبقهم من المحققين قبل بزوغ فجر العلم الحديث.

ومع هذا فالذى يتابع التاريخ العقلى لأوربا ، من عام ١٣٠٠ إلى عام ١٧٠٠ ، يجد من القول ما يملأ صفحات عدة إذا هو أراد أن يعرض إلى ما اختلف فيه العلماء فيما أسموه « دنيا الأشياء » أو « الدنيا الموضوعية » . ومن أجل هذا ، وعلى الرغم من غضب قد أثيره فى صدور أولئك الذين أكثر همهم بحث الأسس الماوراء الطبيعة لعلم القرن السابع عشر ، فإنى أجازف فأقول إن التجارب التى دعا إليها

العقل بفطرته ، للتعرف على الأشياء كيف تتطبع وتتخلق ، كانت مقدمات لا بد منها للعلم التجريبي (ولو أنها غير كافية) .

كتب « أجريكولا Agricola[١] » كتابه عن التعدين فى القرن السادس عشر ، ووصف ما فى المناجم من عفاريت وأرواح أقزام ، ووصف إلى جانب هؤلاء ما فى المناجم من أدوات للتعدين وطرائق . ولكنه كان من الحذر بحيث قال : إن هذه العفاريت وهذه الأرواح الأقزام لا تشترك فى عمل المنجم اليومى ، فلا تحمل خامته من بطن الأرض إلى ظهرها كما يعتقد الناس . فهو قد أعطى هذه المخلوقات وجوداً ، ومع هذا لم يحقق لوجودهم عملا .

والإيمان بأن الظواهر الطبيعية تعود فتتكرر إذا تكررت أسبابها شيء سلم به قواد الحروب زماناً طويلا قبل أن يجيء «جاليليو» . فهم قد عنوا بدراسة مسالك القنابل فى الهواء إذ تطلق فيه ، وما كان هناك معنى لهذه الدراسة لولا إيمانهم بأنها تعود إلى نفس هذه المسالك إذا ما أطلقت فى نفس ظروفها الأولى ، كذلك علماء التشريح فى « بادوا » Padua ، ذلك النفر من أهل القرن السادس عشر الذين توفروا على تقديم هذه

---

(١) هو جورج أجريكولا ، ألمانى ، رجل علم . ولد عام ١٤٩٠ ومات عام ١٥٥٥ . ويعتبر أباً لعلماء المعادن والمعدنيات . نشأ طبيباً ، بعد أن درس الطب فى إيطاليا . وعاد إلى ألمانيا يمارس الطب فى منطقة تكثر فيها المناجم ويكثر التعدين . وكان هدفه من ذلك أن يملأ وقت فراغه بدراسة المعادن ليجعل من الحقائق المبعثرة فيها علماً . ودرس استخراج المعادن ، الفلزات ، بالصهر . وله مؤلفات كثيرة باللاتينية فى كل ذلك ، وفى الجيولوجيا . وهو واضع أسس هذا العلم .

الناحية من العرفان ، عرفوا إلى أى مدى يمكنهم أن يعتمدوا على انتظام الطبيعة فى سلوكها ، وعلى أن شيئاً من بناء الجسم وجدوه فى جثة هم لا بد واجدوه ، هو نفسه ، فى جثة أخرى . وكهؤلاء زراع الأرض من قديم الزمن . فلولا ملاحظات فطرية لهم، وفرضهم ذلك الفرض الفطرى من ثبوت الأرض على ما عرفوا من طباعها ، ما استطاعوا للأرض فلاحة ولا حصدوا حصداً .

إن بعض رجال التاريخ يرون أن الفلسفة التجريبية للقرن السابع عشر إنما نشأت فى حجر نظام فلسفى يتصل بما وراء الطبيعة ، وأنه لولا هذا النظام الماوراء الطبيعة ما كان تجريب ولا كان علم . ومن الكتاب الحديثين من يرى أنه ليس بين الملاحدة Atheists واللاأدريين Agnostics[1] من كان فى قلبه من الإيمان باطراد الطبيعة واتساقها ما يكفى لممارسته العلم وتجاريب العلماء . إنه عمل فى غاية الصعوبة محاولة تحليل ضمائر الناس لنبحث فيها عما بها من فروض تفترضها أنفسهم دون وعى منهم . إنه لا شك فى وجود إيمان مضمَّر باطراد الطبيعة وثباتها على طباع واحدة فى قلوب من يصنعون العلم ، وإنه إيمان لا يقل عنه

(١) اللاأدرى هو الرجل الذى يقول لا أدرى فى كل موضوع يتصل بما وراء الطبيعة، ومنه فكرة الله ، ومنه أصل الوجود، ومنه الخلود . وهو لا ينكر شيئاً من هذا ، ولكن حكمه فى كل هذا معلق . وحجته فى ذلك أن العقل لا يستطيع أن يدرك إلا ظواهر الحياة وما يتصل بها . والذى ابتدع هذا الاسم لهذا المذهب هو العالم الإنجليزى هكسلى ، وقد مر ذكره . والمعنى قديم ، تناوله الفيلسوف الألمانى « كنت » فى نظريته للمعرفة ، ولكن هكسلى زاده شرحاً لا سيما فيما يتصل بظواهر الطبيعة فى العلم الحديث . على أن المذهب اتخذ أطواراً أخرى بعد هكسلى . فالمعرفة ، حتى العلمية ، لم تبلغ بعد عندهم مبلغ اليقين . ومؤلف هذا الكتاب يمس هذه الفكرة فى أكثر من موضع من هذا الكتاب .

إيمان أقوام يقضون حياتهم فى ممارسة الفنون العملية، وأقوام قضوا حياتهم فى مثل هذا قديماً، قبل طلوع فجر العلم التجريبي الذى انبثق منذ ثلاثة قرون .

إننا فى الأبواب القادمة سنبحث فى تجارب تكررت مراراً وأتت بنفس النتائج فى حدود الأخطاء التجريبية المعتادة . وسنفرض أن الظروف والشروط الواحدة ستؤدى دائماً إلى ظواهر واحدة فى إجمالها وتفصيلها . ومن الناس من يعتبر هذا الفرض إيماناً بغير برهان ، وإن صح هذا فهو إيمان لا يزيد على إيمان فى فروض مثله يفرضها صاهر المعدن وزارع الأرض وربان السفينة ورافع الماء بالمضخة ونافخ الزجاج ، وأصحاب سائر الحرف على تعددها واختلافها . فهذا العرفان العملى حصل من قديم ، وتأكد وتحقق عند الناس من قديم ، وقبل أن يهتم العلماء ببحث الأشياء واستكناهها . ولسوف أخاطر وأستخدم فى طول هذا الكتاب وعرضه لفظة « الحقيقة » ، وهى لفظة مريبة هرّابة، وسأستخدمها ، ليس فقط لأعنى بها نتيجة خرجت بها من تجربة ، ولكن لأعنى بها كذلك ذلك المعنى العام الذى مؤداه أن تجربة تؤدى على نسقها ، وبشروطها ، لا بد أنها تنتج نفس نتائجها . مثال ذلك أنى سوف أسمى « حقيقة » أن المضخة الماصة ترفع الماء دائماً إلى ارتفاع ٣٤ قدماً إذا شغلت عند مستوى سطح البحر ، ولا ترفعه فوق ذلك . ولست أدرى كيف يستطيع المرء أن يتجنب أن يسمى هذا « حقيقة » . وتمشياً مع التحذير الذى سبق سأتجنب أن أسمى حقيقة أن الأرض التى نعيش عليها يحوطها بحر من هواء له ضغط نشأ عما بهذا من ثقل الهواء، ولو أنى أنا نفسى لا أشك أنه حقيقة . أنى فى بحث كالذى نحن فيه أفضل أن أسمى هذا المنطوق ،

لا حقيقة ، ولكن تفسير فكرى محتمل . وهو تفسير عندما وضع لأول مرّة لم يختلف فى جوهره عن المنطوق الذى يقول : « إن نواة الذرة تتألف من بروتونات ونترونات » ، وهو قول لا يزال كثير من العلماء يعدونه فرضاً أو نظرية ، لا حقيقة ثابتة .

ولقد تقرأ مقالا شعبيًّا فى العلم يقول فيه صاحبه : « إن علم الفيزياء الحديث قد أثبت أن المنضدة الخشبية ليست فى الحقيقة إلا مجموعة من إلكترونات وبروتونات ونترونات » . وقوله « فى الحقيقـــة » قد يحمل فى بعض الأذهان معانى مضللة كبيرة . وكان خيراً له ، وآمن له ، لو أنه قال : « إن التصوّر الذهنى المرتبط بلفظ منضدة تصوّر نافع فى دنيا الناس ، وعلى فهمهم الفطرى العادى . وقد استخدموه جميعاً وانتفعوا به فى غير عسر ، إلا الفلاسفة . وهؤلاء لم يجدوا به عسراً إلا حين يتفلسفون . وكذلك التصور الذهنى المرتبط بلفظ الخشب تصور نافع فى الحياة اليومية العملية ، وهو محدد تحديداً كافياً بحكم ماضى الخشب قبل أن يكون خشباً . وفوق هذا يجوز التعبير عما وقع للخشب من تحولات كيماوية ، بذكر مادتين يحتويهما ، تسمى إحداهما بالسليلوز ، وتسمى الأخرى باللجنين أو الخشبين ، وقد تريد فتفسر هاتين المادتين بما صوره العلم من ذرات جمعها فيما سماه جزيئات . وعدا هذا فإنى لا أرى وجهاً من الوجوه ينتفع بالخشب فيه بذكر أنه يتألف من إلكترونات وبروتونات ونترونات . وغير هذا بالطبع أن يكون الحديث عن اليورنيوم لا الخشب » .

واختصاراً أرى أن « حقيقة » كثير من النظريات التى يضعها العلماء لا تثير صعوبات فوق تلك التى تثيرها « حقيقة » معنى المنضدة

أو معنى تلك المادة التى نسميها خشباً . والواقع أن درجة الحقيقة التى نحسها نحن للأشياء وللمعانى ، سواء كنا علماء أو غير علماء ، تتوقف على درجة ألفتنا لما تثيره هذه الأشياء والمعانى فى أذهاننا من صور . وهذه الألفة بدورها تتوقف على مقدار ما أفدنا من ثمراتها على الزمان الطويل . أما عما يتنبأ به العلم أن يقع ، فأمر ككل أمور الحياة غير العلمية يتوقف ثبوته على ما به من احتمال . فالمسألة على ما يظهر ليست إلا احتمالا ودرجة احتمال . ونحن فى حياتنا اليومية لا نتردد فى المخاطرة بآخر قرش لدينا رهاناً على أن الحجر الذى يقذف به القاذف فى الهواء لا بد هو عائد إلى الأرض. ومن الفلاسفة مدرسة تقول بأن كل ما نتوقعه من أحداث يومنا ، ويقع فى روعنا موقع الثبوت ، ليس إلا شيئاً محتملا كبير الاحتمال ، ومع هذا فالتحدث عن الماضى ، والتنبؤ بالمستقبل ، والقواعد التى على وفقها تتتابع الأحداث ، كل هذا مشغلة الشاكين الموغلين فى شكهم من الفلاسفة . ولسوف نأتى فى الباب العاشر من هذا الكتاب ، فى شىء من الاختصار ، على بعض نتائج مما يؤدى إليه الشك والتشكك على درجات منه مختلفة . ذلك لأنه لا يسهل على القارئ المتعطش الذى لا يرويه القليل ، فهم الطرائق الذى يجرى عليها رجل العلم فى معمله كالجمع بين إيمان الحيوان (وهذا تعبير سنتايانا Santayana[1])

---

(١) هو جورج سنتايانا ، فيلسوف أمريكى وشاعر ، وأستاذ الفلسفة بجامعة هارفارد من عام ١٨٨٩ إلى عام ١٩١٢ ، وبعد هذا العام ترك الجامعة وترك أمريكا ، إلى أوربا يتنقل فيها ليزداد علماً . من أصل إسبانى . وله مؤلفات قيمة عدة تدور حول الفكر أو حول الجمال وحول الشعر .

فى دنيا الرجال والأشــياء ، وبين التشكك فى العلم . وعلى كل حال ، خلط كهذا بين الإيمان والشك ، سيتخلل ما سوف نحكيه من مجهودات رجال قلائل فى العلم نابهين .

العرفان المتراكم

وقبل أن نترك هذا الباب ، باب « ما العلم » ؟ ، يجب أن نتريث قليلا لننظر رأى قوم يرون أن العلم لا بد أن يشمل مجموعات عديدة هائلة من مناشط الإنسان . ولقد سبق أن أبديت أسبابى فى اعتقادى أن العلم من الأنفع ألا يطلق إلا على عدد غير كبير من هذه المناشط . وأما العدد الأكبر فأفضل أن يسمى « بالعرفان المتراكم » . وإذاً يكون من العرفان المتراكم العلوم الطبيعية وعلوم الحياة ، وكذلك الرياضة والمنطق الرمزى وفقه اللغة وعلم الآثار وعلم الإنسان والأجناس وقسم كبير من الدراسات التاريخية أيضاً . ويستطيع المرء فى هذه الصنوف من العرفان أن يؤكد أن تقدماً عظيماً وقع فيها فى القرون الثلاثة الأخيرة الماضية ، ولكنه لا يستطيع أن يؤكد مثل هذا فيما يختص بالفلسفة والشعر والفنون الجميلة . وإذا أنت شككت فيما أقول ، وسألتنى أن أقوّم درجة التقدم حتى فى العلوم الأكاديمية ، إذاً لكان جوابى أن أطلب إليك بدورى أن أن تبعث إلى الحياة كلّ عاهل مضى من رجال هذه العلوم ، وتعرض عليهم ما استجد منها ، ثم تسأله رأيه فيما استجد ، أتقدماً كان أم غير

ذلك . ولن يشك أحد فيما سوف يكون عليه جواب جاليليو ، « ونيوتن[١] » ، « وهرفى » (Harvey[٢]) ، والسابقين الأولين فى علم الإنسان والأجناس وعلم الآثار . وغير هذا إطلاقاً سيكون جواب « ميكل أنجلو » (Michelangelo) « ورمبرانت » (Rembrandt[٣]) ودانتى[٤]

---

(١) هو السير إيزاك ، أو إسحق ، نيوتن ، العالم الإنجليزى الأكبر ، ولد فى عام ١٦٤٢ ومات فى عام ١٧٢٧ . تعلم فى كمبردج ، وانتخب رفيقاً بها ، ثم أستاذاً للرياضة فى عام ١٦٦٩ ، وسنه ٢٧ عاماً . وانتخب عضواً فى الجمعية الملكية عام ١٦٧١ ، ثم رئيساً لها فى عام ١٧٠٣ ، وظل ينتخب رئيساً لها كل عام حتى وفاته . وفى عام ١٦٨٩ انتخب عضواً فى البرلمان ممثلا لجامعة كمبردج . أما أعماله فأشهر من أن تذكر ، فهو مكتشف قانون الجاذبية ، وصانع قوانين الحركة ، وحساب التفاضل والتكامل . وفى الضوء كان أكبر ما كشف العلاقة بين انكسار الضوء وألوانه . ومن أشهر مؤلفاته البرنسيبيا ، فى الفلك والديناميكا وهى من المؤلفات التاريخية الخالدة.

(٢) هو وليم هرفى ، الطبيب الإنجليزى ، كاشف الدورة الدموية . ولد عام ١٥٧٨ وتعلم فى كمبردج . وفى نحو العشرين ، أى عام ١٥٩٩ ، ذهب إلى جامعة بادوا ، بإيطاليا ، ليتعلم الطب . وكان بها أشهر مدرسة للطب فى أوربا . ومنها أخذ درجة الدكتوراه فى الطب وعاد إلى إنجلترا عام ١٦٠٢ . وأقام فى لندن يعمل فى مستشفى برثولو يو . نشر على العالم كشفه للدورة الدموية فى رسالة عنوانها « فى حركة القلب والدم فى الحيوان » ، طبع عام ١٦٢٨ فى أمستردام . وعين أخيراً طبيباً للملك جيمس الأول ، ثم شارل الأول ، وصاحبه إلى جامعة أكسفورد فمنحته درجة الدكتوراه . وبسقوط حكمه وقتله وما جرى بعد ذلك من أحداث دموية ، نزح هرفى إلى لندن وبقى بها إلى أن مات عام ١٦٥٧ .

(٣) رمبرانت أشهر الفنانين الرسامين من المدرسة الهولندية ، ولد عام ١٦٠٦ ومات عام ١٦٦٩ .

(٤) دانتى أكبر شعراء إيطاليا ، وهو صاحب « الكوميديا الإلهية » المشهورة . ولد فى فلورنسا عام ١٢٦٥ ، ونشأ وأحب وكتب الشعر فى « بترىس » رمز جماله فى الوجود وانقسمت فلورنسا إلى حزبين ، البيض والسود ، وناصر هو البيض ، وغلب السود ، فنزلوا قتلا فى البيض ، وحرقوا منازلهم . وحكموا على دانتى بالنفى ثم بالحرق حياً . ولكنه كان=

وملتن وكيتس (Keats)[١]). وغير هذا سيكون جواب « توماس أكويناس» Aquinas «واشبينوزا» و«لوك» و «كنت» [٢] .وقد نجادل يوماً كاملا فيما قد يقضى به فنان أو شاعر أو فيلسوف من كبار الرجال الذاهبين إذا هم اطلعوا على ما نحن فيه من فن أو شعر أو فلسفة ، أتأخرت هذه الفنون من بعدهم أم تقدمت ، ثم لا نخرج من بعد هذا الجدل على شيء . حتى الكثرة التى تتفق على رأى فى هذا اليوم ما كانت لتتفق وتكون بهذه الكثرة لو أنها نظرت فى مثل هذا الأمر قبل خمسين عاما .

إنى أحس الخطر فى إدخالى معنى التقدم والتأخر فى التحدث عن صنف من صنوف العرفان . لهذا أسارع فأقول إنى لا أريد أن أقدم فئة قليلة من صنوف العرفان على سائر فئاته . ولا أريد أن أتخذ من تقدم

=خارج فلورنسا فنجا . ولكنه نجا ليعيش عيش الطريد طول حياته ،ولم يدر أحد بالضبط أين ذهب . ولكنه قال : «ذهبت إلى كل بلد ينطق بهذا اللسان» . وقال : «ما أشق على المرء صعود السلالم ليأكل الخبز من أيدى الأغراب » . وأخيراً أنهكه التشرد ، والمرض فتلقاه الموت عام ١٣٢١ ودفن فى رافنا ، حيث توجد رفاته إلى اليوم .

(١) جون كيتس هو الشاعر الإنجليزى ، ولد عام ١٧٩٥ ومات شاباً عام ١٨٢١ . مات بالسل ، فلما أحس بالنهاية ذهب إلى نابلى فروما ومات ودفن هناك . قال عن أسابيعه الأخيرة : « هذه ليست من حياتى ، ولكنها ما بعد موتى » . أى أنه فقد الحياة حياً.

(٢) هؤلاء أربعة من الفلاسفة : أما أكويناس ،فإيطالى وراهب ودارس وفيلسوف ، ولد عام ١٢٥٥ ومات عام ١٢٧٤ . وأما اشبينوزا فهو الفيلسوف الهولندى ، ولد عام ١٦٣٢ ومات عام ١٦٧٧ . طرد من الكنيسة فخاف العيش فى امستردام ، فرحل إلى لاهاى وفيها تعلم نحت الزجاج وصناعة العدسات . ومما كسب عاش . أما لوك فهو الفيلسوف الإنجليزى ، ولد عام ١٦٣٢ ، ومات عام ١٧٠٤ . ثم « كنت » وهو الفيلسوف الألمانى الكبير ،ولد عام ١٧٢٤ ومات عام ١٨٠٤ . وقد تأثر كل من جاء بعده من الفلاسفة بفلسفته.

حدث فى فرع من فروع المعرفة سبباً فى تشريفه وتمجيده . فأنا على النقيض من ذلك أرى أن صنوفاً من العرفان لا تدخل فى معنى العرفان المتراكم بناء على تعريف قدمته لهذه العبارة ، لها من الوزن عند التقدير ما ترجح رجحاناً كبيراً سائر الصنوف لخطورة لها فى حياتنا نحن معشر بنى الناس . وأود لو أزيد فى إيضاح هذا المعنى ، ولكن أخشى الخروج عما نحن فيه . بحسبى أن أسأل سؤالين : كم مرة فى حياتنا اليومية ندخل الخطير من نتائج العلم فى الخطير من أحكامنا ، فنغير من هذا وفقاً لهذا ؟ وكم مرة فى حياتنا اليومية تتأثر هذه الأحكام أو لا تتأثر بما استوعبناه ، واعين أو غير واعين ، من شعر أو فلسفة ؟ إن الدكتاتور إذا ما أراد أن يغير من آراء أمة تقرأ وتكتب ، جاز له أن يترك أهل العلم وما هم بسبيله من علم ، أما أهل الفلسفة وأهل الفن وحملة الأقلام فلا بد له من كسبهم أو تحطيمهم . خطتان هو لا بد راكب إحداهما .

التقدم فى الشئون العرفانية والأمور العملية

والآن فلنعد إلى « العرفان المتراكم » . إننا إذا أردنا أن ندخل إلى حظيرة العرفان المتراكم صنوف المعرفة التى أصابها التقدم ، ولا ندخل صنوفاً أخرى للذى أعوزها من ذلك ، وجب علينا أن ندخل إليها قدراً هائلا من العرفان العملى إلى جانب العرفان النظرى . إن لفظ التقدم ، فيما يختص بالمناشط الإنسانية ، يثير فى ذهن الرجل غير الأكاديمى ،

لا قوانين الحركة الثلاثة التى قررها « نيوتن »، ولا نظرية الكم ، نظرية « الكوانتم أو القنطام » Quantum ،ولا معادلة « أينشتين »[١] ، وإنما يثير صوراً مما خلق العصر من عقاقير واستحدث من سيارات وراديو وأجهزة استقبال . إن الفرق بين التحسين يصيب الفنون العملية وبين التقدم يصيب العلم أمر سنعالجه مراراً وتكراراً فى هذا الكتاب ، والفرق بين الكشف العلمى والاختراع قد يكون طفيفاً فى قليل من الحالات ، ولكن الناس تخلط بين تاريخ الفنون العملية وتاريخ العلم وتطوره ، فتسبب بذلك سوء فهم للعلم كثير . إن الفرق بين التقدم الذى يقع فى الحيل الميكانيكية أو العمليات الكيماوية (كاستخراج المعادن وصناعة الصابون) والتقدم الذى يقع فى العلم ، سيكون موضوع معالجتنا فى شىء من إسهاب فى صفحات قادمة . أما فى علوم الحياة ، فالذى يتصل بالتقدم العلمى فيها ليس الصناعة ، ولكن الزراعة والتجارة من جانب . والطب من جانب آخر .

إن الفنون العملية ظلت تتقدم العلوم زماناً طويلا ، ولم يحدث إلا فى السنوات الحديثة جداً أن الكشوف العلمية أثرت فى الفنون أكثر من تأثير الفنون فى العلوم . كان الأستاذ « ل . ج . هندرسن » كثيراً ما يقول

---

(١) هو العالم الرياضى الفيزيائى العظيم ، صاحب نظرية النسبية. ولد فى ألمانيا عام ١٨٧٩ ، من والدين إسرائيليين ، وتعلم فى ميونخ وميلان وزيوريخ . وفى هذه الأخيرة شغل مناصب للأستاذية فى جامعتها التكنولوجية الشهيرة إلى عام ١٩١٤ . وفى هذا العام دعى إلى برلين ليكون رئيس معهد القيصر ولهلم للفيزياء.وفى عام ١٩٢١ نال جائزة نوبل، وفى عام ١٩٢٥ نال ميدالية الجمعية الملكية بلندن . و بمجىء هتلر إلى ألمانيا قبل رئاسة المدرسة الرياضية فى معهد الدراسات العالية بجامعة برفستون بالولايات المتحدة ، وعين ورئيساً طول حياته .

إنه ، فيما قبل عام ١٨٥٠ ، صنعت الآلة البخارية للعلم أكثر مما صنع العلم للآلة البخارية . وليس هناك بالطبع من شك فى أن المعارف جمعت منذ فجر التاريخ ، وبوبت ، وهضمت هضما لخدمة الأغراض العملية ولكن ليس فى دراسة تاريخ هذه المعارف ، وتاريخ تطورها ، ما يفيدنا فى دراسة العلم ، كيف اعترك وكيف تطور . ذلك لأنها لا تكوّن جزءاً من العلم ، بصرف النظر عن أنه لولاها ما كان علم . وعلى مثال هذا يستطيع المرء أن يقول إن ما حدث فى بعض الأمم من تقدم فى فن الحكم ، وفى معاملة المجرمين ، وفى نشر التعليم ، وفى تقريب الفرص المتفاوتة بين الناس ، وفى سائر وجوه الإصلاح الاجتماعى ، كل هذا لا يعدو جزءاً من العلوم الاجتماعية . إن أمثال هذه التطورات تنتسب إلى علم الإنسان بالقدر الذى تنتسب به التطورات الحادثة فى العمليات الصناعية وفى وسائل النقل إلى العلوم الطبيعية (ولو أن الإجماع اليوم قل عما كان فيما يختص بالحاجة الماسة إلى بعض هذه التطورات الاجتماعية) . وإذا صحت هذه المقارنة استطاع كل من يهتم بدراسة طرائق العلوم الاجتماعية أن يدرس كيف تنشأ العلوم الطبيعية والعلوم الحيوية مما عرف الزارع فى حقله والصانع فى ورشته وهو يؤدى واجب يومه . وسيجد فى هذه الدراسة نفعاً يفيده ، فى تلك . وسيجد نفعاً أخص فى دراسة الطب الحديث كيف تنشأ من عادات للناس فى الطب جروا عليها فى الحوالى من الأيام .

ولا بد أن القارئ قد فطن إلى أن التعريف الذى أوردته للعلم لا يخرج الدراسات الخاصة بالإنسان . ومع هذا فليس فى نيتى أن أوغل

فى مناقشة مسائل العلوم الاجتماعية ولا الطرق التى تتبع فيها . والصفحات القادمة خصصت كل التخصيص تقريباً للعلوم الطبيعية وعلوم الحياة . ولكن فيما يتصل بالماضى (الباب العاشر) سوف أفرق بين العلم والتاريخ . فإذا صحت هذه التفرقة ، فقد يجد القارئ فيها علاقة بتلك الدراسات التى وضعوها عند جدولة فروع العرفان تحت العنوان المعروف بالعلوم الاجتماعية لحاجة قضى بها هذا التقسيم . إن العرفان الإنسانى المتراكم يمكن تقسيمه وتبويبه وجدولته بأكثر من طريقة ، وقد يتراءى لى أن التاريخ ، كالرياضيات ، يجب أن يحتل فى هذا التقسيم باباً وحده . ومع هذا فكل تقسيم لن يخلو من شىء من إبهام.خذ مثلا علم النفس، فهذا العلم يعده الناس بين علوم الحياة ويعدونه أيضاً بين العلوم الاجتماعية. وعلم الإنسان والأجناس (anthropology) يمكن نسبته إلى علوم الحياة ونسبته إلى علوم الاجتماع . فمن حيث إن دراسة الإنسان تشبه من بعض الوجوه دراسة سائر الحيوان ، يصبح علم الإنسان علماً يتقبل نفس طرائق علوم الحياة لدراسته واستكناهه . ومن حيث إن دراسة الإنسان اتضحت فيها وجوه للبحث جديدة ، تطلبت معانى جديدة ، وطرائق للبحث جديدة ، خرجت عنها علوم جديدة كعلم النفس الاجتماعى ، وكعلم الإنسان الاجتماعى ، وكعلم الاجتماع ، فقد صار لعلم الإنسان وجهة اجتماعية لا شك فيها ، وصار لهذه العلوم استقلال ذاتى لا شك فيه . وليس فى الإمكان الآن الحكم فى مقدار ما بين طرائق اتبعت فى دراسة هذه العلوم ، والطرائق المعروفة المتبعة فى دراسة العلوم الطبيعية ،

من تشابه ، فهذا أمر لا يزال معلقاً، وسأعود إليه فى الباب الأخير من هذا الكتاب . وسوف أقول بقول القائلين بضرورة دراسة الإنسان بحسبانه حيواناً اجتماعيًّا . ونحن الذين نقول بهذه الضرورة ، ولنا أمل عظيم فى تقدم هذا العلم ، نعتقد أن بين طرائق دراسة هذا العلم ، علم الإنسان ، وطرائق العلوم الطبيعية تشابها لا بد من اعتباره. فإذا صح هذا ، فكل ما نتحدث عنه فى هذا الكتاب ، وهو لا يتعلق إلا بعلم الكيمياء ، وعلم الطبيعة وعلوم الحياة ، سوف لا يخلو من فائدة للرجال البحاث الذين يهدفون إلى زيادة فهم الإنسان وفهم ما يخلق من مجتمعات .

الباب الثالث

المنهج العلمى المزعوم

ومن محاولة تعريف العلم ننتقل الآن إلى موضوع ليس أقل منه خلافاً ، ذلك المنهج العلمى . إن الذين يفضلون استخدام كلمة العلم لتشمل كل مناشط العرفان فى الدنيا يميلون إلى الإيمان بوجود منهج يسمونه المنهج العلمى. ومن هؤلاء فئة قليلة تذهب إلى أبعد مما يذهبون ، فهم لا يؤمنون بوجود منهج علمى فحسب ، بل يزيدون فيرون أن بالإمكان تطبيقه فى ضروب كثيرة من الشئون العملية . مثال ذلك أن عالماً ممتازاً من علماء علم الحياة قال من وقت غير بعيد : « إن الرجال والنساء الذين تمرسوا بالعلم وألفوا المنهج العلمى لا يلبثون إذا عرض لهم أمر أن يسألوا على التو عن الدليل » . وكان هذا العالم يشير ، لا إلى أمور العلم ، ولكن لكل المشاكل التى يصادفها الناس كل يوم فى المصنع وفى المكتب وفى اجتماع سياسى .

ورد الفعل عند سماع قول كهذا أن يسأل السامع الأستاذ الجليل من أين جاء بالدليل على هذا ؟ ولكن لعل هذا سؤال جدلى لا محل له . والمهم فى قول كهذا أنه يرينا أن فهماً للعلم فهمه «بيرسن» (Pearson) ، ونشره فى كتابه أجرومية العلم (The Grammar of Science)[1] لا يزال

(١) هو كارل بيرسن ، عالم الرياضة ، وعالم التناسليات ، الإنجليزى ، ولد =

يحتل من عقائد الناس موضعاً . فى طول هذا الكتاب يتحدث بيرسن عن العلم بحسبانه أنه تقسيم حقائق وتبويبها . وهو فى ملخص الباب الأول من كتابه يقول : « إن المنهج العلمى يتميز بالأمور الآتية :

(ا) تقسيم الحقائق فى دقة وحذر وملاحظة العلاقات التى بينها وتداعيها .

(ب) اكتشاف القوانين العلمية بمعونة ما فى الإنسان من خيال خالق .

(حـ) نقد النفس وإجازة صحة ما تجيزه العقول السليمة على السواء » .

ولن يجد المرء ما يجادل فيه فيما يختص بالفقرتين ب ، حـ ، فليس فيهما الكفاية من التفاصيل التى تبعث على الجدل . ولكنى أخالفه كل المخالفة فيما جاء بالفقرة (ا) . إنها وجهة النظر الغالبة فى كتابه ذاك . ويخيل إلىّ أن من يقرأ هذا الكتاب الشهير ممن لم يكن له خبرة بالبحث العلمى ، أو كانت له خبرة قليلة ، سوف يخرج من بعد قراءته بفكرة عن طرائق العلم خاطئة .

إن العلم لو كان من السهولة كما وصف ذلك الكتاب الممتع ، فكيف حدث أن العلماء تخبطوا طويلا قبل أن يتبينوا مسائل من مسائل العلم لها من الوضوح والألفة نصيب كبير . إن العمل العظيم الذى قام به نيوتن Newton اكتمل فى ختام القرن السابع عشر . والمثقفون فى فرنسا وفى إنجلترا تحدثوا فى العقد الأول من القرن الثامن عشر عن

= عام ١٨٥٧ ومات عام ١٩٣٦ . وله مؤلفات كثيرة . وكتابه المذكور هنا نشر لأول مرة عام ١٨٩٩ ، ثم نشر عام ١٩٠٠ وعام ١٩١١ .

المجموعة الشمسية فى لغة أقرب ما تكون إلى لغة تدرس بها هذه المجموعة فى المدارس فى أيامنا هذه . وقوانين الحركة وتطبيقها فى الميكانيكيات كانت شائعة عند ذلك مفهومة . وكان المنتظر بعد هذا ، أن ظاهرة عادية مألوفة ، كظاهرة الاحتراق ، تصاغ صياغة واضحة نسبيًّا بمجرد أن يتوجه بالبحث إليها العلماء ويتفرغوا. ولكن الذى حدث أن عمل الأكسجين فى الاحتراق لم يتوضح إلا فى أواخر العقد الذى بدأ بعام ١٧٧٠ . ومسألة شبيهة بهذه ، هى مسألة انبعاث الحياة من ذات نفسها ، فكرة التولد الذاتى ، ظلت تنتظر إيضاحاً إلى عام ١٨٧٠ . ومسألة ثالثة ، هى مسألة النشوء . «فدارون» (Darwin) أقنع نفسه بنظريته ، ثم أقنع العلماء ، وأخيراً أقنع الجمهور المثقف . وأقنعهم بسبب ما ابتدع من نظرية تصف كيف حدث ، أو يمكن أن يكون حدث ، ويحدث هذا النشوء . واليوم نجد أسس هذه النظرية ، نظرية النشوء ، فيما يختص بالنباتات الأرقى والحيوانات ، قائمة تكاد لا تجد من يرتاب فيها . ومع

---

(١) هو شارلس روبرت دارون ، عالم الأحياء الإنجليزى ، صاحب نظرية النشوء الشهيرة . ولد عام ١٨٠٩ . كان أبوه طبيباً وجده طبيباً . وتعلم فى جامعة أدنبرَ وجامعة كمبردج . اهتم بالتاريخ الطبيعى من صغره . وخرجت السفينة الشهيرة « بيجل » إلى رحلتها العلمية عام ١٨٣١ وعادت عام ١٨٣٦ بعد أن لفت حول المعمورة ، وعليها دارون خبيراً للأحياء . وعاد بذخيرة علمية كبيرة ، كانت مصدراً لكثير من كتاباته . وتزوج عام ١٨٣٩ وعاش من بعد ذلك فى الريف عيشة العمدة الريفى وقضى وقته فى الدرس . وفى عام ١٨٥٩ نشر كتابه الشهير « أصل الأجناس » ، فقلب به علم الأحياء رأساً على عقب . وذاع سمه فى العالم العلمى . وفى هذا الكتاب عرض كامل للنشوء مطبقاً كاملا لأول مرة فى النباتات والحيوانات وأخذ يكتب ويؤلف إلى أن مات عام ١٨٨٢ .

هذا فتخيله للنشوء كيف حدث ويحدث قد تغير اليوم تغيراً يحمل المرء على أن يقول إن نظرية قديمة قد ذهبت وحل محلها شيء جديد.

ثم مسألة رابعة، مسألة الحياة على هذه الأرض، كيف نشأت، مسألة لا تزال إلى اليوم غامضة كغموضها عند دارون وفى أيامه.

إن الذين يستخرجون معارفهم من الكتب الدراسية، إذ يقرأونها، لا يدركون ما صادف العلماء، حتى أكبرهم، فى طريقهم من مصاعب، فى كل الأحقاب. كانت حياتهم جهاداً بين ملاحظات خاطئة، وأحكام مطلقة مضللة، وصيغ لتضمين المعانى والمبادئ غير كافية، ومن فوق ذلك الزيغ والهوى يتلصص إلى الباحثين السابقين غير واعين. وهى حال ينساها المتحدثون الشارحون للمنهج العلمى المزعوم، الذين استهوتهم البحوث التجريبية من وجهتها المنطقية لا وجهتها النفسانية الإنسانية. إن العلم، كما سبق أن عرفته، جزء من مجموع عرفان البشر المتراكم على الزمان. والبحوث التى جرت فى هذا الميدان الأكبر، من نظرية ومن عملية، تجمعها عندنا سمة واحدة، هى حس بالتقدم الذى كان، وهى لا تكشف شيئاً عن مناشط الرجال الذين زادوا معارفنا وتقدموا بالزمان. والذى يقدم على صياغة شيء يسمى بالمنهج العلمى، يجمع فيه عدة من قواعد، وعدة من أساليب يزعم أنه جرى عليها هؤلاء الرجال فيما صنعوا، من رياضيين إلى مؤرخين إلى علماء آثار إلى فقهاء لغة إلى علماء طبيعيين وآخرين حيويين، إنما يغمض عينه عن حيوية كانت فى هذه المناشط اختلفت باختلاف الحقل الذى كانت تعمل فيه. حتى فى حقل العلوم التجريبية، ما أسرع ما يخدع المرء

عن نفسه فيعجب إعجاباً بالذى يقرأ عن طرائق اتبعها الأولون السابقون من رجال هذا الحقل ، غالى الراوون فى تبسيطها غلوًّا كبيراً .

ولست غافلا عن أنه من السهل أن يرمى أى تعريف للنشاط العلمى بأنه بالغ البساطة ، وأن هذا الرامى إذا هو حاول أن يجد خيراً من هذا التعريف واجهته صعاب . ولكن أمراً واحداً أحسب أن سيوافقنى فيه كل المؤرخين الحديثين للعلوم الطبيعية تقريباً ، معارضين بذلك كارل بيرسن Karl Pearson ، وذلك أنه لا يوجد شىء واحد يشار إليه وحده فيقال هذا هو المنهج العلمى ولا شىء سواه . إذ لو وجد هذا الشىء لكشفت عنه دراسة تاريخ الطبيعة والكيمياء وعلم الحياة التجريبى وهى العلوم التى إليها مردّ ما عند الناس من ثقة فيما يجريه العلماء ، وفيما يتبعون من أساليب . ولكن هذه العلوم لم تكشف . إنها لم تكشف طريقة يقال إنها واحدة وحيدة ، كشف بها الرجال شيئاً جديداً .

مولد العلم التجريبى فى القرن السابع عشر

إنى أنظر فى تاريخ العلم ، وأنظر فى ذلك النشاط الذى تفجر بغتة فى القرن السابع عشر ، وأسماه رجال ذلك العهد بالفلسفة الجديدة ، وأسموه الفلسفة التجريبية ، فأردّه إلى أصول ثلاثة مجتمعة ، إلى تيارات ثلاثة من تيارات الفكر والعمل . وقد أسمى الأول التفكير الاستطلاعى

التظنى (Speculative) [1] ، وأسمى الثانى بالاستدلال الاستنتاجى (deductive reasoning) ، وأسمى الثالث بالتجريب فيما اتفق ، بغير تدبير ولا تخطيط . التجريب الاعتباطى الفطرى . أما التياران الأول والثانى فيتمثلان فى ما كتبه وخلفه أهل المعرفة فى العصور الوسطى . ففى هذه العصور ، من القرن الحادى عشر إلى القرن السابع عشر ، اشتغل أستاذ القانون والدين ، ومدرس الرياضة والمنطق ، اشتغلوا جميعاً بإيجاد طرق رشيدة تنتظم بها أفكار العقل عامة ، وبتنشئة الفن المنطقى ، وهم باشتغالهم هذا قد وسعوا بعض السعة آراء الإغريق القدماء فى فلسفة أو رياضة ، ووضعوا أسس علم الميكانيكا ، وهو من بين فروع علم الطبيعة الأول الذى لبس لباساً عصريًّا .

والاستدلال الاستنتاجى (deductive reasoning) يتوضح فيما نذكره مما تعلمناه من الهندسة السطحية فى المدارس ونحن صغار . ففى هذا العلم نعطى بديهيات أو فروضاً ، ومنها نستخرج بالمنطق نتائج فى الهندسة كثيرة. وكما فى الهندسة فكذلك الحال فى أفكار أخرى ، استطلاعية تظننية، ليس بها هذا القدر من الضبط والربط كالذى فى الأفكار الهندسية ، وهذه الأفكار الاستطلاعية التظننية تعالج بالاستدلال الاستنتاجى، بنفس عمليات المنطق هذه ، إلا أنه كثيراً ما يعوزها الدقة التى تكون لها وهى تعمل فى الرياضيات . ولكن المهم أن نلاحظ ، أننا فى استدلالنا فى النطاق الهندسى ، أو فى نطاق الأفكار الاستطلاعية التظننية ،

---

(١) هو أول ما تتخيل عن أسباب ما ترى من الظواهر .

نستخدم عمليات عقلية يُعتقد أنها كافية نفسها بنفسها ، فلا نحتاج فيها إلى الرجوع إلى الحياة ، ننظر فيها ونلاحظ منها . إن أحداً لا يحس فى نفسه وهو يركب فى ذهنه نسقاً من أمثال هذه الآراء النظرية التظننية ، الذى يذهب فيها المرء مع الخيال مذاهبه ، إنه فى حاجة إلى ملاحظة أشياء هذه الأرض الجامدة ليتم بناء هذا النسق . إن الذى حدث فى القرن السادس عشر هو انبثاق فلسفة جديدة ، فلسفة تجريبية جديدة ، دفع أهل الفكر ، وأهل الفراغ ، إليها شوق جديد طارئ إلى النواحى العملية من الحياة ، وإلى تفهم ما يجرى فيها ، من زراعة ، إلى طب ، إلى رفع ماء بمضخة معدن ، إلى عمل قنبلة لمدفع .

وإنك لواجد تاريخ العلم ، فى باكورته ، مليئاً بالمثل الكثيرة التى فيها لا يكاد العالم يلحظ شيئاً ، فى فن من الفنون ، أو حرفة من الحرف ، حتى يقترح هذا عليه مسألة يراوده الفكر إلى حلها . وحل مسألة علمية كهذه أمر يختلف كل الاختلاف عما كان جرى إلى هذا العهد من تجريب بدائى اعتباطى قام به الزارع فى حقله أو الصانع فى مصنعه فيما يعرض من مسائل . إن العنصر الجديد الذى دخل على الفكر كان الاستدلال الاستنتاجى (deductive reasoning) واستخدامه فيما يعرض من أمور . وكثيراً ما شفعوا هذا بكلية فكرية أو أكثر جاد بها الفكر النظرى التظنى لعصور أسبق . وانتقل هم الناس من الغرض القريب الذى يهدف إلى تهذيب آلة أو تحسين عملية إلى الغرض البعيد ، أعنى فهم ما يتضمنه هذا من ظاهرة أو ظواهر . وأخذت الصور الذهنية المبتدعة تنال من الخطر ما تناله الاختراعات المبتكرة . والتقى حذق الصانع

ومهارة مبتكر الآلة بالمنطق الرياضى الذى كان سمة أهل العلم والعرفان فى ذلك الزمان . ولكن كان لا بد من مضى أجيال حتى يمكن الجمع بين الاستدلال الاستنتاجى ، والتجريب العملى ، واستخدامهما معاً للبحث فى كثير من الحقول التى تفتحت لهما من بعد ذلك .

الآراء الاستطلاعية التظننية ، والفروض التمهيدية ، والمشروعات التصورية

عرّفنا العلم فى الباب السابق بأنه : مجموعات منسقة مترابطة من تصورات ذهنية (Concepts) ومشروعات تصورية (Conceptual Schemes) نشأت من التجربة ومن الملاحظة ، وهو يدفع صاحبه من تجربة إلى تجارب ، ومن ملاحظة إلى ملاحظات ، ولا يقف عند واحدة أبداً .

والمشروع التصورى عند صياغته فى أول الأمر يمكن اعتباره فرضاً تمهيديًّا كبيراً . ومع هذا فيمكن المرء أن يستنتج منه مستنتجات كثيرة يصلح كل منها ليكون أصلا تخرج منه بالفكر والمنطق مستنتجات يمكن اختبارها بالتجربة . فإذا كشفت التجربة عن صحتها فى حالات كثيرة تجمعت بذلك الأدلة على صحة الفرض التمهيدى الكبير . ثم لا يلبث هذا الفرض بتراكم الأدلة على صحته أن يكون مشروعاً تصوريًّا جديداً . ثم يكون لهذا المشروع التصورى الجديد حياة تقصر أو تطول ،

وفقاً لما يستنتج منه الناس من مستنتجات تجوز الامتحان عند التجربة أولا تجوز .

وفى إجراء التجربة التى تمتحن بها المستنتجات اتضح للعلماء ، كلما تقدم العلم ، أنه لا بد من إيضاح معان تجرى على الألسنة فى آراء الناس ، غير واضحة ،ولا بد من زيادتها إلى جانب الإيضاح، دقة ، لا سيما فيما يتعلق بقياس الأشياء . وأوضحوا هذه المعانى غير الواضحة أو استبدلوا بها جديداً غيرها . فهذه هى التصورات أو الصور الذهنية الجديدة التى كثيراًما يكون لها من الخطرمثل الذى للمشروعات التصورية الكبيرة العريضة . ولكم يحدث أن سؤالا تجريبيًّا بسيطاً، ظهر بسيطاً لأول وهلة، ثم تعذرأن يجاب عنه بنعم قاطعة أو بلا .والفرض التمهيدى العريض يظل من بعض هواجس الفكر — إلى أن يربطه رابط بأنتجة التجارب فيقيم أوده — فرضاً تمهيديًّا ، أو مشروعاً تصوريًّا من بعد ذلك . إنه لا بد لفهم العلم من فهم العلاقة التى تكون أو هى كائنة بين الظنون الفكرية العريضة ، التى هى من بعض هواجس الفكر ، وبين ما يتخرج منها من مشروعات تصورية عريضة كبيرة .ولنوضح ما نعنى بعرض خاطف للنظرية الذرية . فقد خال القدماء أن الوحدة التى تتألف منها المادة عندما تنقسم ، والتى يقف عندها التقسيم ، هى الذرة . ولكن هذه الفكرة ، إذا عبر عنها هكذا إجمالا ، لا يمكن اعتبارها إلا هاجسة من هواجس الفكر ، وخاطرة من خواطره ، وظنًّا من ظنونه ، ولا يمكنها أن تدخل العلم فتكون خيطاً من نسيجه إلا إذا هى صارت أساساً لفرض عام عريض يصاغ صياغة تأذن بالعمل به من بعد ذلك ،

فيمكن منه استنتاج أشياء ، تنصاع للتجربة ، فإما أن تتحقق صحتها ، وإما أن يتحقق خطؤها . وهذه الهاجسة ، وهذه الخاطرة ، وهذا الظن الخاص بالذرة ،لم يرق إلى أن يكون مشروعاً تصوريًّا ، أوفرضاً تمهيديًّا أو نظرية ، إلا من بعد أن كشف « دلتن » (Dalton)[١] ، فى نحو عام ١٨٠٠ ، عن قيمته فى تفسير نتائج التجارب الكمية التى بدأها من قبله رجال الثورة الكيماوية ، وهذا مثل للفرض التمهيدى تتراءى أصوله واضحة من خلل التاريخ ، ولكن كثيراً من هذه الفروض والنظريات تتعمى أصولها فلا يدرى الإنسان كيف جاءت الرأس الذى ابتدعها .

وأعظم الفروض التمهيدية الكبرى التى جاء بها التاريخ نشأت فى رؤوس رجال أولين سابقين سباقين نتيجة لعملية ذهنية نعبر عنها أحياناً ، بأنها « مسة من عبقرية » أو « خاطرة ملهمة » أو « ومضة من خيال باهر » وقلما يتبين فيها الناظر أنها كانت نتيجة تمحيص للنتائج كلها أو تحليل منطقى لها أو محاولة منظمة لصياغتها صياغة أدّت إلى ما انتهى إليه صاحبها . ولقد فاتت هذه الحقيقة ، أكثر الفوت ، « بيرسن » (Pearson) ، وكثيراً من الذين كتبوا عن المنهج العلمى فى القرن التاسع عشر . فلقد شاقهم تصنيف الحقائق التى وقعوا عليها ، واستخراج القضايا الكلية

---

(١) هو جون دالتن ، الكيماوى الإنجليزى . ولد عام ١٧٦٦ ومات عام ١٨٤٤ . اشتغل بتدريس الرياضة ١٢ عاماً بمدينة كندال بشمال إنجلترا ، ثم انتقل أستاذاً للرياضة بالكلية الجديدة بمنشستر . وبقى فى منشستر وأخذ ينشر مقالاته العلمية من عام لعام . وفى عام ١٨٠٨ أعلن نظريته الكيماوية المعروفة تحت عنوان « نظام جديد فى الفلسفة الكيماوية » ، فذاع اسمه فى أوربا بسببها .

منها ، حتى عدّوا أن هذا ، وهذا وحده ، هو كل ما فى العلم . واليوم انقلب الأمر إلى نقيضه ، وعاد البندول يطلب أقصى مداه يميناً بعد أن نال أقصى مداه يساراً ، وأخذ الكتاب ، بعضهم ، يتركزون على الأفكار الصرفة يستخرجونها ويداورونها ويحاورونها ، أى يتركزون على العلم النظرى . وكلا الاتجاهين ، وكلا الطرفين ، من يهتم بالحقائق وتصنيفها ، ومن يتركز على الأفكار الخالصة الجديدة واستخراجها ، ينال من خطر التجربة فى العلم ويحط من قدرها . وهذا حال فى رأيى يخرج بالعلم عن مجراه التاريخى وأسوأ من هذا أنه يخلط الأمر على الرجل غير العالم الذى يهتم بالعلم وبالذى يحيطه من العلم ومن مناشطه . ومن أجل هذا ، ومن أجل هوى قوى فى نفسى ، ترانى فى هذا النقاش ، أؤكد ثم أؤكد ما بين التجارب والنظريات وبين النظريات والتجارب ، من علائق .

التجريب

سبق أن ذكرنا أن عناصر العلم ثلاثة ، تفكير استطلاعى تظنى ، واستدلال استنتاجى ، ثم تجريب عملى .

وقد ناقشنا بصفة عامة كيف تنشأ الفروض التمهيدية الكبيرة العريضة وكيف تنشأ من هذه استنتاجات يمكن بالتجربة إثباتها أو نقضها .

ولا بد قد فهم مما قلناه أن التجريب بحسبانه فنًّا ، سبق العلم فى الوجود ، ذلك العلم الحديث الذى انبعث ابتداءً فى القرن السابع عشر . فإن صح هذا ، فهذه أول صلة تصل العلم بخبرة السواد من الناس . وقد يكون

من المفيد الآن أن أتوخى تحليلا مفصلا للتجريب الذى يجرى بين سواد الناس كل يوم . لأنى آمل من ذلك أن أرى القارئ أن الإنسان فى تجريبه ، من كل نوع ، يبتدئ بأبسط صور هذا التجريب ، ذلك التجريبُ فى حياته اليومية، ثم هو يتدرج من ذلك درجاتٍ متصلات إلى أن يصل آخر الأمر إلى التجريب العلمى الدقيق . فالتجريبان أصلهما واحد، ولكنهما مختلفان . إنهما طرفان لشىء واحد ، ولكن ما أكثر ما اختلفا . ولفهم العلم حق فهمه يجب أن نفهم حق الفهم كيف تختلف التجربة العادية اليومية لفرد من سواد الناس ، عن التجربة العلمية يؤديها فرد عالم .

إنى لا أشك فى أن القارئ قد صادف فى حياته تعريفات عدّة يعرّف بها أصحابها ما يفهمونه من معنى المنهج المزعوم . ولقد قرأت أنا كذلك شيئاً من هذا ، وإنى هنا أسوق مما قرأت وصفاً للمنهج العلمى أحسبه صادقاً فى أكثر الحالات (لا فى كلها) وعند صاحبه أن المنهج العلمى يتألف من ستة أشياء، من ست خطوات :

١ — يصادف الرجل مشكلة يتعرف بها ويحدّد أغراضه فيها .

٢ — يجمع كل الحقائق المتصلة بموضوعها (وكم فى معنى هذا « الاتصال بالموضوع » مزلقة لصاحبه) .

٣ — ثم هو يصوغ فرضاً مؤقتاً تمهيديًّا يكون أساساً للعمل .

٤ — يستخرج من هذا الفرض استنتاجات لو صحت لصح الفرض الذى خرجت منه .

٥ — يكشف عن صحة هذه الاستنتاجات بالتجربة الفعلية .

٦ — وبناء على ما تخرجه التجربة يقبل الفرض أو يعدله أو يرفضه .

وإن صح أن هذا هو كل ما هنالك عن العلم ، إذاً لجاز للمرء أن يوافق على ما قاله أحد الأحياء ممن يؤمنون بالمنهج العلمى حيث يقول « إن العلم ، بحسبانه منهجاً ، يبدأ بعرض أسئلة واضحة ، تقبل الجواب ، يكون القصد منها توجيه ما يجربه الإنسان من ملاحظات أو تجارب . ثم هو يجريها فى هدوء ، وفى حيدة . ثم هو يقرر عما صنع تقريراً يبذل فيه كل ما يستطيع من دقة ، ويكتبه بصيغة تجعل منه جواباً لتلك الأسئلة الأولى. ثم بعد ذلك تستعرض الفروض التى كانت قائمة قبل إجراء هذه التجارب أو الملاحظات ، فتلغى أو تعدل فى ظل هذه النتائج » .

إن الفرد منا إذا نظر إلى ما يصنع فى الحياة إذا ما صادفته مشكلة طارئة ، — مثل سيارة له أبى محركها أن يتحرك — فإنه واجد فيما اقتبسنا من قول صاحبنا العالم وصفاً لما يفعل هو لقاء هذه المشكلة الطارئة وما فعل لقاء أمثالها . كذلك لو أننا عرضنا أمر هذا المنهج العلمى على نفر من الشباب الفطن ، كما عرضه صاحبنا العالم ، إذاً لقال قائلهم : « وماذا فى هذا المنهج من جديد . إنه منهجنا طول الحياة ، وإن كان هذا هو المنهج العلمى ، فنحن كنا إذاً علماء طوال الحياة ونحن لا ندرى » . وهذا قول أشبه بقول أحد أشخاص الرواية الكوميدية لموليير Molière ، حين عرف ما النثر بعد جهل ، قال : إذاً أنا كنت أقول النثر طول حياتى ولا أدرى !

امتحان الاستنتاجات بالتجريب

ولكن هل معنى هذا إذاً أنه لا فرق فى منهج يسلكه العالم فى حل مسائله ، ومنهج يسلكه الرجل العادى فى حل مسائل العيش ؟

للإجابة عن هذا لا بد لنا من مثلين : أحدهما نقتبسه من العلم ، والآخر من مجارى العيش ، ثم نفصلهما تفصيلا . ونقارن بينهما ، فيكون الجواب الذى نبتغيه، أن أسلوب العمل الذى تنشأت عليه الحرف والفنون العملية على مر العصور إنما كان أساساً ، اختباراً يمارسه الناس ، ينجح أو يفشل ، ومن الفشل يتعلم صاحبه تصحيح أخطائه . وهذا الأسلوب معروف فينا ، مألوف إلى يومنا هذا . وقد نسميه اختباراً . ولنمثل لذلك بمثل صغير غير خطير ، رجل جاء باباً فوجده مغلقاً ، ووجد على الأرض إلى جانبه حلقة مفاتيح . فأخذ يختبر ومقصده فتح الباب . ويبدأ بمفتاح وهو يقول لنفسه إن هذا المفتاح إذا دار فى القفل فسوف أدرك إن كان هذا مفتاح هذا الباب أو لم يكنه . سوف أدرك صحة الفرض ، أن هذا المفتاح مفتاح هذا القفل ، أو بطلانه . فقوله « إذا » ، يردفها « بسوف » نمط من أنماط الفكر الذى يأتيه الرجل منا معاداً مكرراً فى كل يوم من حياته . والفرض الذى يتضمنه هذا المثل فرض محدود السعة من حيث إنه يتصل بحالة واحدة ، هى حالة المفتاح الواحد الذى هو قائم بتجربته . لهذا لزم أن نسمى هذا الفرض فرضاً تمهيديًّا محدوداً Limited Working Hypothesis .

ولننتقل من هذا المثل العادى الصغير إلى مثل من التجريب العلمى . ولنأخذ بالنظر فى الدور الذى يلعبه الفرض التمهيدى المحدود فى امتحان فكرة علمية بمعمل . ذلك لأنك لو جمعت كل الكتّاب الذى كتبوا عن المنهج العلمى ، واختلفوا فيه اختلافاً كبيراً ، إذا لأجمعوا على أن اختبار صحة استنتاج مستخرج من فرض واسع — ومن الناس من يسميه نظرية — هو على الأقل من بعض العلم .

إننا فى الباب التالى سندرس فى شىء من التفصيل بضعة أمثلة من مثل هذا الإجراء . ولكن بحسبنا الآن أن نسبق هذا الدرس ، أن نسبق قصة الضغط الجوى التى سوف تدرس بالتفصيل ، بالتركز على تجربة واحدة منها . ولا يهمنا أى تجربة نختار ، لأن الذى نريد أن نتركز عليه منها إنما هو الخطوة الأخيرة منها ، تلك التى تتصل بالنتائج التى تخرج وما نصنع بها .

لنفرض أن رجلا قام إلى الفرض العام ، الذى يقول بأننا نعيش فى بحر من الهواء هو الذى يسبب الضغط ، يريد أن يصله بتجربة خاصة لها جهاز خاص . ولنفرض أن لهذا الجهاز حنفية ، بإدارتها تختتم التجربة . وهو يقول لنفسه عند إدارة هذه الحنفية « إذا صح تفكيرى وصحت خطتى ، فأنا عند فتحى الحنفية سوف يحدث كذا وكذا » . وهو يفتح الحنفية بعد ذلك ، ويسجل ما يرى . وعندئذ يستطيع أن يقول هل حققت هذه التجربة فرضه أو نفته . ولكنا إذا تروينا فى الأمر ، وتوخينا الدقة فى القول ، لوجدنا أن الذى تحقق أو انتفى ، بفتح الحنفية ، ليس الفرض العام الواسع ، وإنما هو فرض خاص ضيق . وهذا الفرض

الضيق الخاص يمكن صياغته بقول صاحبه « إذا أنا فتحت الحنفية ، إذاً لحدث كذا أو كذا » . وتحقيق هذا الفرض الضيق ، الزائد الضيق ، لا يكون إلا بتكرار التجربة وبخروجها إلى نفس النتيجة ، والفرض عندئذ يعتبر حقيقة تجريبية . والنتيجة التى تخرج من التجربة ترتبط عادة بالمسألة الأصلية بعمليات غاية فى التعقد من فكر ومن عمل ، وهى بدورها تدخل فى الموضوع تصورات ذهنيةأخرى ومشروعاتتصورية أخرى . إن النظر فى هذه العمليات المعقدة سيكون من بعض دراستنا لما نورد فى الأبواب القادمة من أمثلة « للعلم فى تنشّئه » .والشىء الذى أود تأكيده هنا هو وجود سلسلة معقدة من التفكير بين النتائج التى يستخرجها المستخرج من الفرض العلمى العريض العام ،وبين ما يخرج من التجربة من نتائج . وسوف نرى مرّة من بعد مرّة ، كم من افتراضات نفترضها ، واعين وغير واعين ، تدخل هذه السلسلة المعقدة من التفكير .

وليأذن لى القارىء الآن أن أنتقل فجاءة من رجل العلم وتجربته ، إلى رب البيت فى جراجه أو ربة البيت فى مطبخها ، أو هاوى اللاسلكى وهو يلهو بجهاز استقباله . فالسيارة إذا حرّكناها فلم تتحرك، فقد عرضت لنا منها مشكلة ندور لحلها على احتمالات كثيرة تأتى من بعض ما تعلمنا عن السيارات عامة وعن حالة هذه السيارة خاصة . ونبتدع لإخفاق تحركها سبباً . نبتدع له على الأقل فرضاً نبنى عليه عملا . كأن نفرض أن خزان البنزين قد فرغ . ونبدأ نجرى تجربة تكشف لنا عن صحة الفرض بذاته.فإذا صح فقد اهتدينا إلى ما طلبنا وسرنا على مقتضاه . — وعلى هذا فكم مرة ضللنا بسبب هذا ، بأن كان لتوقف السيارة أكثر من سبب

واحد . فلعل خزان البنزين فرغ ، ولكن كذلك فرغت البطارية الكهربائية — . ولنفترض أن هذا الفرض البسيط هدانا إلى أن نجرب إدارة محول أو ربط أسلاك بعد محاولات أخرى شتيتة سبقت . ويقول صاحب التجربة لنفسه « والآن ، فى آخر الأمر ، سوف أدير المحول أو أربط الأسلاك » ، وسوف يجرى محرك السيارة عند إدارته . ويدير المحرك فيدور المحرك — أو لا يدور — . والخلاصة أن الذى ثبت أو لم يثبت إنما هو فرض صغير محدود لا يكاد المرء يفرق بينه وبين ذلك الفرض الصغير المحدود الآخر الذى قام بتحقيقه رجل العلم على ما سبق أن وصفنا . فهكذا العلم ، والتعقل العام المشترك بين الناس ، يلتقيان . ولكن لاحظ أنهما إنما يلتقيان فى آخر المطاف . فى صياغة آخر عملية من عمليات الفكر . أما إذا نحن سرنا القهقرى من هذه العملية الفكرية النهائية إلى ما سبقها من عمليات ، فسوف تظهر بينهما فروق واضحة ، هى فروق فى الأهداف ، وفيما ينشأ من فروض جانبية ، ومن افتراضات أخرى .

أهداف التجريب العلمى وافتراضاته

أما من حيث الأغراض ، فأنت مثلا تريد أن تحرك محرك السيارة إذا توقفت السيارة وامتنع محركها عن السير . أو لعلك تريد جهازك اللاسلكى ، جهاز استقبالك ، أن يعمل . إنك تهدف إلى غاية عملية . وصاحب التجربة العلمية يريد أن يمتحن صحة استنتاج أخرجه من مشروع

تصورى — من نظرية — . فهذان لا شك هدفان مختلفان .

ولكنا لا نقف بالتفرقة بين تجربة العلم ، والاختبار الفطرىّ ، مما يصنع الناس ، فى حياتهم اليومية ، عند هذا الحد ، عند هذا الفرق مهما يكن كبيراً . فالمشروع التصورى عند العالم ، نظرية العالم ، تختبر بالتجربة التى أجراها العالم وهى مع ذلك التى أولدت التجربة التى بها تختبر . وهذا يعود بنا إلى تعريفنا العلم ، وتوكيدنا فى هذا التعريف ما يخرجه مشروع تصورى جديد من ثمرات جدد ، هى التجارب العلمية . إن أهل الحرف الذين قاموا على مر القرون بإحسان الفنون العملية ، جروا على مثل ما أجرى أنا وتجرى أنت عليه اليوم عندما يلقى كلانا مشكلة عملية فى حياتنا الجارية . فهدف الصانع أو الزارع كان هدفاً عمليًّا ، والحافز له على بلوغه كان عمليًّا كذلك ، ولو أن الهدف كان بحق أعم وأوسع من هدف الرجل إذ يسعى لتحريك محرك سيارة . والعمال فى العصور المتوسطة جربوا ، وأحياناً خلفت تجاربهم أثراً فى فنهم باقياً ، ذلك لأن أقرانهم اقتبسوا ما أنتجوا من ذلك وضمنوه فنًّا لا يزال على الأيام ناشئاً . ولكن هذا العامل ندر أن اهتم باختبار ما قد ينتج عن فكرة عامة من نتائج . والفكرة العامة والتفكير المنطقى لم يكونا من شأنه ، ولكن من شأن أهل الثقافة والعرفان . واستخراج النتائج من المشروعات التصورية ، من النظريات ، كان وجهاً من وجوه النشاط التى عرفها الرياضيون والفلاسفة فى القرون المتوسطة ، ولم يعرفها عمالها . إنا فى البابين التاليين سنأتى بأمثلة ترينا كيف التقى الصنفان من النشاط ، نشاط المناطقة ونشاط العمال ، فى القرن السادس عشر والقرن السابع عشر .

وفرق آخر بين رجل الحرفة المختبر ورجل العلم المجرب ، هو أن أسلوب رجل الحرفة فى عمله كأسلوب ربة البيت فى مطبخها ، إن كل تجربة جديدة فى المطبخ تهدف كما قدمنا إلى غاية عملية عاجلة ، ولكن فوق هذا ، ليس لما يسترجعه ويستذكره المحترف ، أو ربة الدار الطباخة ، مما تعلم من الحقائق الماضية التى تعين على حل المشكلة الحاضرة ، من علاقة ذات بال بأفكار عامة أو نظريات . وإلى القرن التاسع عشر ظل الرجل العملى لا يأبه بالذى تجمع عند العلماء إلا قليلا . أما فى القرنين السابع عشر والثامن عشر فمضى الاثنان ، الفن العملى والعلم ، فى سبيلهما لا يلتقيان أصلا . وقد نقول إن التجريب فى الفنون العملية وفى المطابخ مبنى كله على الخبرة ، ونعنى بذلك أنه بعيد عن أى معنى نظرى . ولكن بما أن النقلة من فن الناس الفطرى إلى العلم إنما هى نقلة تدريجية متصلة ، يصبح من المتعذر استبعاد كل معنى نظرى من الفنون العماية استبعاداً حازماً صارماً دائماً .

وقد يقول القائل فى تعزيز هذا إن العامل المحترف كان إنما يعمل فيما يعمل بناء على تصورات ذهنية ومشروعات تصورية هى مسلم بها عنده ، وكذلك أنا وأنت فيما نلقى من مسائل الحياة ، وإن هذه التصورات الذهنية والمشروعات التصورية ثروة على المشاع عامة ، يشترك فيها السابقون من الناس واللاحقون ، ويشترك الأحفاد والأجداد ، وإنها لا تختلف فى أصولها عن تصورات ذهنية ومشروعات تصورية « أثبتها » العلم إثباتاً قاطعاً .

وأنا أومن بالذى يقول هذا القائل ، ولكن كإيمانى بأن أشعة الطيف

دون الحمراء لا تختلف فى الأصل عن الأشعة السينية ، كلتاهما نوع من أنواع الطاقة التى تشع ، ولكن لا يستبدل أحدهما بالآخر استبدالا محسوساً نافعاً . كذلك الأفكار التى تدور فى رؤوس السواد من الناس تختلف فى أكثر من وجه عن الجزء المجرّد من العلم . إنه فى المائتين من السنين الماضية دخل الكثير من العلم إلى رؤوس السواد من الناس ، واختلط بتفكيرهم حتى صار جزءاً مما عنه يصدرون . ومع هذا فلكل جيل ولكل فئة من الفئات الثقافية فى الناس ، حاضرين وذاهبين ، منظار ينظرون به إلى الوجود . ولو أن علماء الإنسان والأجناس، وعلماء تاريخ الثقافات ، جمعوا صوراً تصورها الناس عن الوجود ، لوجدوا بينها الكثير المشترك ، كما وجدوا بينها الكثير المفترق . فإذا نحن وجدنا اليوم الرجل الحديث يسلم ، وهو يعمل فى جراج سيارته ، بأمور يعدها جده غير معقولة ولا ممكنة ، فلا يمكن أن يتخذ هذا دليلا على أنه لا فرق بين آراء يعمل بها السواد من الناس ، ونظريات يعمل بها الرجال العلماء . على الرغم من اعترافنا أن بين الاثنين ، بين المنطقتين ، منطقة واسعة مائعة تجمع بين الحالين على درجات متفاوتات .

الدرجة الاختبارية فى العلم وفى الفن العملى

الدرجة الاختبارية[1] (empiricism) تعبير وقعت عليه وأنا أنظر

---

(١) الاختبارية كلمة من أكثر الكلمات تكراراً فى هذا الكتاب
والاختبارية empiricism فى الفلسفة مذهب يقول بأن المعرفة يكتسبها العقل عن=

فيما بين العلم وبين التكنولوچية[١] والطب من علائق ، وهو تعبير أقصد به الدلالة على أى حد تنبنى معرفتنا ، وهى صنوف ؛ على المشروعات الفكرية العامة ، على النظريات . والتعبير نافع أيضاً فى رأيى عندما ننظر فى تاريخ العلوم وتاريخ الفنون العملية فى الثلاثة القرون

=طريق الحواس فيما يختبر من الأشياء، فلولا هذه الإدراكات الحسية ما كانت معرفة . وعندهم أن العقل كاللوحة البيضاء وأن المدركات الحسية تكتب على اللوحة ما تشاء . والمعرفة تتألف من آلاف الألوف من هذه المدركات الصغيرة. والمذهب ينكر أن العقل يستطيع أن يحصل المعرفة عن طريق آخر ، بالبداهة . والمذهب توجد جذوره عند الإغريق . ولكنه عاد إلى الانتعاش بما كتب فلاسفة الإنجليز فى القرن السابع عشر والثامن عشر والتاسع عشر ، وعلى الأخص لوك ، فهو أول من نظم المذهب . ومن الأحدثين جون ديوى .

والاختبارية فى الطب مذهب قام فى عهد جالينوس مؤداه أن على الطبيب أن يحسن ملاحظة ما يرى من ظواهر الصحة وظواهر المرض ، وأن يجمع كل ما يستطيع أن يجمع من ذلك ليكون عند طب وحكمة ، وأن الطب لا ينال بالتفكير النظرى . وصلة هذا بالمذهب الفلسفى العام قريبة .

ثم انقلب هذا المعنى حتى صار وصف الطبيب فى اللغة الإنجليزية ، بأنه اختبارى ، ذماً . فمثل هذا الطبيب يأخذ الطب بالمشاهدة ، لا بالدراسة ولا بالعلم الحديث وتجارب العلم الحديث .

ومؤلف هذا الكتاب يستخدم اللفظ فى معنى قريب من هذا . فهو يستخدم الاختبار فى مقابلة التجربة . فالاختبار عنده ما يكتسب من مشاهدات وملاحظات وغير ذلك والناس فى سبيل الحياة . أما التجربة ، فيقصد بها العملية ، التى تنظم عمداً لامتحان شىء ما ، يخرج من فروض العلم ومن نظرياته . مثال ذلك أن الاهتداء إلى استخراج الحديد من خاماته قبل أن تعرف الكيمياء كان اختباراً ، وهدى إليه اختبار ، أما كشف أن العناصر تتحد بنسب ثابتة فهدت إليه التجربة العلمية . ومن التجربة العلمية الملاحظة العلمية . وأكثر الأمثال به شىء من اختبار وشىء من تجربة ، وعلى هذا جاء المؤلف بفكرة الدرجة الاختبارية .

(١) التكنولوجيا هى العلم الصناعى ، وهو مجموعة المعارف المنسقة للحرف الصناعية لا سيما الكبيرة منها كصناعة النسيج واستخراج المعادن .

الأخيرة . وأنفع من هذا وذاك نفعها للرجل العادى ، الرجل غير العالم؛ فقد تعينه على استبانة ما اختلط فى ذهنه من علائق ما بين العلم البحت والعلم التطبيقى، وما انبهم عنده من معانيهما. إن العلم والتكنولوجيا — الفن الصناعى — قد اختلط بعضهما ببعض فى المائة الأخيرة من السنين اختلاطاً جعل من العسير حتى على القائمين بالعمل فى الحقلين أن يميزوا الدور الذى قامت به النظريات فيما هم فيه قائمون . ومع هذا فأى رجل ألف العلوم الطبيعية ، وألف الصناعات الحديثة ، لا يتردد فى القول بأن تطبيق النظريات العلمية فى الصناعات المختلفة يختلف مقداره اختلافاً كبيراً باختلاف هذه الصناعات .

ولإيضاح هذه الفكرة ، وهى فكرة ذات بال عندى ، دعنى أيها القارئ أقارن بين صناعتين : صناعة الأجهزة البصرية وصناعة الإطارات من المطاط . ففى الصناعات البصرية نجد أن تصميم العدسات والمرايا للميكرسكوبات والتليسكوبات والكمرات بناه مصمموها على نظرية للضوء كشفوا عنها منذ مائة وخمسين عاماً ، يعبر عن وجوهها المختلفة بعبارات رياضية بسيطة . فبمعونة هذه النظرية ،مضافاً إليها بعض تقديرات لخواص الزجاج المستخدم فى هذه الآلات ، يمكن بالدقة حساب ما تجريه هذه الأجهزة البصرية . وبما أن العلم النظرى قد كمل كل هذا الكمال فى حقل البصريات ، فباستطاعتنا أن نقول إن الدرجة الاختبارية فى هذا النوع من علم الطبيعة درجة واطئة حقاً . أما صناعة إطارات المطاط فتختلف عن هذا اختلافاً كبيراً . فليس فى هذه الصناعة نظرية تقارن بنظرية الضوء نستخرج منها أساساً رياضيًّا نستنتج منه كم نخلط

من هذه المادة وهذه لننتج مطاطاً طيباً . إن التفاعل الكيمياوى الذى يأتى من بعد هذا الخلط لهذه المواد بالمطاط تفاعل لا يستطيع أحد إلى الآن أن يصوره تصويراً نظريًّا . إن فى هذا التفاعل يدخل الكبريت، وتدخل مواد أخرى تعرف بالمسرعات التفاعل (accelerators) ، أما الكبريت فالمعروف من قديم أنه لا بد منه لحدوث التفاعل ، ولكن عمله بالضبط وعمل المسرعات غير مفهوم إلا قليلا إلى اليوم . والعملية كلها نشأت بالتجربة البدائية ، فالخطأ فيها ، فتصحيح الخطأ والأخطاء ، وتكرر هذا حتى اهتدى الإنسان إلى نتيجة بها من المعرفة ما فى طبخة بارعة يطبخها طابخ ماهر . فى هذه الصناعة نجد الدرجة الاختبارية عالية ، ومعنى هذا ، بقول آخر ، إن كيمياء المطاط لم يحظ البحث النظرى من تفهمها إلا بالقدر القليل .

إن كل التعابير النسبية فى حاجة دائماً إلى أعيرة ترد إليها . ونحن نستطيع ؛ بدون الدخول فى التحليل الفلسفى للمعرفة التى يكتسبها سواد الناس بالفطرة — ويدخل فيها المعرفة بفن كفن الطبخ أو نفخ الزجاج أو صياغة المعدن كما عرفتها العصور المتوسطة — نحن نستطيع بدون هذا ، أن نضرب مثلا للمعرفة فيها الدرجة الاختبارية آصل ما تكون بالفنون التى جاءت قبل مجىء العلم الحديث وبالطبخ الذى يقع الآن فى مطبخ حديث . فى هذه الفنون ، وفى الطبخ ، تبلغ الدرجة الاختبارية ، مقدرة تقدير اعتباط ، مائة فى المائة. وهى تبلغ صفراً أو شيئاً قريباً من الصفر فيما يعمل المساح وهو يمسح أرضه . فأكثر عمل المساح ينبنى على فرع واحد من فروع الرياضة ، أعنى علم الهندسة ، والقليل الأقل منه على

ما فى أجهزته من صنع وفى تشغيلها من دقة . أما الاختبارية فى عمل المساح فيذكرنا بها غيابها . فالذى لا يعرف من القراء إلا القليل عن العلم والتكنولوچيا (الفن الصناعى) عنده الآن مثلان يمثلان له طرفى النشاط فى الميدانين ، فمثل طباخ الفندق العظيم ، ونشاطه مبنى مائة فى المائة على الاختبارية ، ومثل المساح وهو يحمل أداة مسحه ، ونشاطه لا يكاد يبنى على الاختبارية فى شىء أصلا ، وإنما هو مبنى على المعرفة النظرية ولا شىء غيرها .

وسوف نعود من حين إلى حين إلى هذه العلاقة بين هذين الطرفين المتباعدين ، علاقة ما بين المعرفة العلمية وأوجه النشاط العملية للصانع وللزارع والطبيب . وسوف نرى أن التقدم فى العلم ، والتقدم فى الفنون العملية ، جريا معاً لحقبة طويلة مدهشة من الدهر دون أن يتصل مجراهما إلا فى القليل . فنحن لو قدرنا أن العلم الحديث ولد فى عام ١٦٠٠ أو حول ذلك ، بغض النظر عما سبق هذا العام من أنتجة ، قد تعد من بعض العلم ، تمتد إلى العتيق من الزمان ، لاستطعنا أن نقول إن الفنون العملية قضت بعد ميلاد العلم مائتى عام أو أكثر قبل أن تهيأ لها أن تستفيد من العلم شيئاً . والرأى عندى أن العلم لم يصبح ذا خطر فى الفنون العملية إلا بعد أن بدأت صناعة الكهرباء وصناعة الأصباغ فى نحو عام ١٨٧٠ .

ولنختتم هذا الحديث بأن نقول إن درجة الاختبارية فى أى حقل من الحقول العملية تتوقف على كم من مساحته دخلها العلم فصاغ مسائلها فى صيغ مشروعات ذهنية عامة ، أعنى نظريات .

ودخول العلم فيها إنما يكون لتقليل ما فيها من اختيارية ، بزيادة الذى بها من نظرية .

إن العلم إذا عالجه معالجة بصرف النظر عما يكون له من علائق بالأمور العملية سمى بالعلم البحت أو الصرف . ولكن لهذه الصفة أصداء كثيرة ، ليست كلها مما يستساغ فى الأذن ، تشعر بأن هناك فروقاً فى القيم بين العلماء الذين يعنون بالعلم مجرداً ، والعلماء الذين يعنون به مطبقاً . لهذا كثيراً ما يوصف هذا العلم ، لا بأنه بحتٌ ، ولكن بأنه أساسى . وظنى أن أكثر نشاط العلماء اليوم ، وأخطر نشاطهم ، متجه إلى خفض نسبة الاختبارية فيما هم فيه قائمون . والفارق بين جماعة من العلماء وجماعة أخرى إنما هو ما يحفزهم من حوافز . فالذين يشوقهم العلم بحسبانه علماً ، ولا شىء غير هذا ، تستهويهم الإشارة تأتيهم بأن هذا الجانب أو ذلك مؤذن بثمرات كثيرة ، فما أسرع ما يستجيبون . إن همهم توسعة العلم النظرى والمد فى حدوده . وآخرون من العلماء همهم الأول فى فن من الفنون العملية ، العتيقة عتاقة الإنسان ، قد لبس ثوباً عصريّاً . فإن كان هذا الفن بعض فنون الصناعة ، كعلم استخراج المعادن ، اهتموا فى توسيعه توسيعاً نظريّاً كاهتمام أقرانهم فى الجامعات . وهم يحاولون كذلك خفض ما به من اختبارية ، ولكن فى مساحات محدودة ولأغراض عملية . والطب كاستخراج المعادن ، غير أن هدف الطبيب ليس استخراج معادن أحسن ، ولكن رجال أصح . وكلاهما يعمل فى حقل عملى .

وانتصف القرن العشرون ، وجاء عام ١٩٥٠ فواجهنا بحال أبعد ما تكون عن البساطة . فمنذ ثلاثة قرون كان للصانع خبرته التى ظلت

زماناً تجرى على الاستهداء بالخطأ عند التجريب . وكان إلى جانبها أسلوب الرياضى الاستنتاجى فى التفكير . فاقترن الاثنان قراناً تولد منه على الزمن جيل فجيل فجيل . وانتهت الولائد اليوم بأن رأينا العالم التطبيقى يدخل إلى الصانع ، وهو فى مباذله ، وفى فحمه وسواده ، يعينه فى مجهوده . وهو فى سبيل معونته يجد نفسه قائماً وجهاً لوجه أمام شىء يتبينه ويتفحصه فإذا به أحد القدماء من أجداده . إذا به الخبرة القديمة التى لا يدعمها شىء من الفكر النظرى . وهو فى معمله بالمصنع كثيراً ما يطلب منه أن يقوم بتجربة لغرض عملى يجريها على أسس من نتائج الخبرة الفطرية ، لا العلمية ، كالتى كان يجرى على مثلها الصانع فى تلك الأزمان البعيدة الخالية . يحدث هذا على الأخص فى تلك الفنون التى فيها درجة الاختبارية عالية . وهو على هذه الأسس الفطرية يجرب ويستخدم أحدث الأجهزة العصرية . وهو فى هذا لا شك يحاول أن يقلل من درجة الاختبارية ،ولكن عليه واجب آخر أعجل من ذلك ،ذلك هو الانتهاء من تجربته بتحسين الفن ، بمقدار ما لديه من معرفة ومن وسيلة . واختصاراً أقول إن التقدم فى العلم والتقدم فى الفنون العملية يسيران اليوم متعاونين جنباً إلى جنب .

العلم والتكنولوجيا

هذا الباب مخصص للبحث فى المنهج العلمى المزعوم ، وقد تركزت فيه على التقدم فى المعرفة العملية . وفى هذه الأثناء أتيحت لى الفرصة للتحدث فيما وقع فى الفنون العملية من تقدم ، وعلى الأخص أسلوب الصانع الفطرى ، أسلوب التجريب فالخطأ فالانتفاع من الأخطاء . وقد رسمت بذلك للتقدم الذى حدث فى العلم والتكنولوچيا — الفن الصناعى — فى المائة والخمسين الماضية من السنين صورة بينة على ما أعتقد فيما يختص بالعلم ، ولكن ينقصها بعض صفات الإيضاح فيما يختص بالتكنولوچيا . ذلك أنى قصرت فيما أعتقد فى إشعار القارئ بالمجهودات الهائلة التى قام بها العلماء لتطبيق العلم فى الحقول العملية الكثيرة . واختصارا أنا لم أقل شيئاً أو لم أقل إلا القليل عن الهندسة وما كان لها فى التقدم الذى حدث من خطر . وهذا التقصير سوف يسد خلله بعض السداد ما تأتى به الأبواب القادمة ، ولكن لن يفى بحق العلوم الطبيعية ، مطبقة فى الحقول العملية ، أى بحق الهندسة التطبيقية ، إلا تاريخ مفصل لكل من فروعها — لكل من الهندسة المدنية والميكانيكية والكهربائية ، والكيماوية ، والملاحة الجوية . إنه بدون هذا التاريخ لا يكون للألفاظ والتعاريف قواعد ثابتة ترتكز عليها . إن المهندسين الأوائل كانوا رجال حرب ، وجاء من بعد ذلك أعمال المساحة ورسم الخرائط وإجراؤها فى غير الحربى من الأغراض — ومن ذلك خرجت الهندسة المدنية وصارت مهنة . وبقى المهندس المدنى ،

حتى دخل القرن التاسع عشر وتتابعت منه سنون عديدة ، بقى هو الرجل الذى يمسح ويبنى الجسور ويصنع الترع والطرق ، وإلى جانب كل هذا كان من عمله شئون الآلات والمكنات . والرجل الشهير « وط »[1] Watt ، الذى لا تذكر الآلات البخارية وما صنعت للمدنية إلا ذكر اسمه بذكرها ، هذا الرجل كان يعده أهل زمانه مهندساً مدنياً .

إن تحسين الآلات البخارية وسائر صنوف الآلات والمكنات ، فيما بين عام ١٧٠٠ ومنتصف القرن التاسع عشر ، كان من عمل رجال أسموا أنفسهم مخترعين أو مهندسين . والذين قاموا بصناعة أجهزة جديدة ثم أقاموها ، كانوا من رجال الأعمال ، وكثيراً ما كانوا إلى جانب ذلك مخترعين ، وكثيراً ما اعتبروا أنفسهم مهندسين . وكان علم الميكانيكا فى ذلك الزمن قد بلغ مبلغ العلوم ، ولكن به درجة من الاختبارية متوسطة . وكان هؤلاء الرجال العمليون يعملون كما يعمل صناع القرون الوسطى ، بطريقة الخطأ ثم الانتفاع من الأخطاء ، ولكن كثيراً ما كان فى إمكانهم أن يستعينوا بالمبادىء الفطرية والحسابات الرياضية . وانتهى الأمر ، للذى بلغته أعمالهم من خطورة ، أن صارت الهندسة الميكانيكية

---

(١) هو جيمس وط ، المخترع الأسكتلندى ، وأشهر المهندسين الإنجليز . وهو الذى اخترع الآلة البخارية تقريباً على الصورة التى هى عليها اليوم ، بعد أن سبقه إليها كثيرون . وهو بدأ صانع أجهزة بجامعة جلاسجو . وجاءه وهو بها آلة بخارية لإصلاحها فهاله ما بها من قصور ، ومن استهلاك وقود . ومن ذلك الحين أخذ يدرس خواص البخار ، ويحسن فى الآلة ثم يحسن . وانتهى الأمر به إلى أن كان شريكاً فى صناعة هذه الآلات البخارية المستحدثة . وكان عملها قبل وط مقصوراً على تحريك المضخات فصارت من بعده للمضخات ، بغير المتاعب المنهكة القديمة ، وكذلك لتحريك الآلات . ولد وط عام ١٧٣٦ ومات عام ١٨١٩ .

فرعاً قائماً بنفسه . وفى الوقت نفسه ، أى فى منتصف القرن التاسع عشر ، صارت الهندسة الكهربائية أيضاً فرعاً قائماً بذاته ، يطبق العلم فيه فى الصناعة . واليوم يقوم المهندسون بتصميم الآلات والمكنات وبنائها وبناء كل جهاز من كل صنف يهدف إلى غاية عملية ، وذلك فى كل الصناعات . وبدون المهندسين تتوقف مدنيتنا الصناعية . ومنهم من يتصل أكثر من غيره بالأعمال الجديدة فى الصناعات ، تلك التى نسميها أعمال التنشئة ، وفيها يتعاون المهندسون والعلماء التطبيقيون . أو لعل الأحسن من هذا أن نقول إن رجالا تدربوا مهندسين ،كثيراً ما يتقدمون ، بالعلم التطبيقى ،بإنقاص ما فيه من اختبارية.وعلى عكس ذلك إن رجالا تدربوا علماء، كثيراً ما عملوا ،فى تقديم الفن، مهندسين .

إن اهتمامى بأن أوضح للقارئ شيئاً من كل ما يتعلق بالموقف العصرى الحديث زاد فغلبنى على هدف آخر رجوته ، ذلك إعطاء القارئ فكرة عن العلم التجريبى الحديث خيراً مما عنده وأكثر . إن القدر الذى يشترك فيه العلماء والمهندسون فى مناشطهم ، والحد الذى يمكنهم أن يبلغوه فى تعاونهم ، شيئان ليس من السهل التحدث فيهما إلى من لم يألف أسلوب البحاث فيما يجرون من تجاربهم . لهذا لزمنى أن أؤجل الحديث فى مسائل هى اليوم عاجلة ، مثل تنظيم العلم والهندسة فى الحكومات وفى الصناعات ، إلى أن آتى على وصف أمثلة من التاريخ تمهد إلى ما نطلب مما لا نستطيع له الآن فهماً . لا بد من التركز على الفلسفة التجريبية الجديدة التى استجدها القرن السابع عشر قبل أن ندرس كيف دخلت وامتزجت وانتسجت فى الشئون العملية ، شئون هذا العصر الذى نعيش فيه .

الباب الرابع

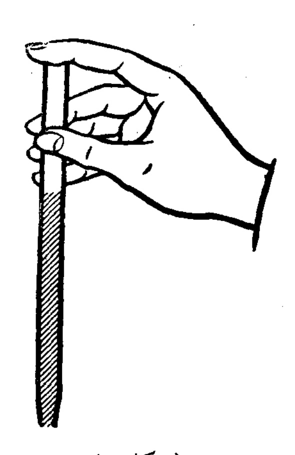
كيف نشأت فكرة الضغط الجوى

يعرف الناس من زمان بعيد أنه لا بد ، لتفريغ برميل ، من وجود ثقبين فيه ، ثقب فى أعلاه ،وثقب فى أسفله . فمن الأسفل يخرج السائل ، ومن الأعلى يدخل الهواء .

كذلك عرف الناس أن فى الاستطاعةمصّ سائل فى أنبوبة ليعلو فيها فإذا أنت مصصته ، فسددت الفتحة العليا من الأنبوبة بإصبعك ، بقى السائل فى الأنبوبة فلايخرج منها هابطاً ، إلا إذا رفعت إصبعك عن فتحتها العليا . وعلى هذا ابتدعت الأنبوبة الماصة (شكل ١) . وهذه المشاهدات وأشباه لها عالجها الناس وناقشوها من قبل عهد أرسطو . والتفسير الذى كان يسوقه الناس قبل القرن السابع عشر لإيضاح هذه الظاهرة كان شبيهاً بما يقول اليوم أكثر الناس فى إيضاحها . « إنه لا بد من وجود فتحة فى أعلى البرميل ليدخل منها الهواء ، وإلا بقى السائل فى البرميل فلم يخرج » . وبالطبع قد يعترف الرجل اليوم، أو تعترف المرأة ، بعد نقاش ، بأن إيضاحاً كهذا إيضاح عائم ، تعوزه الدقة ، وهو أو هى قد يعدل أو تعدل من هذا الإيضاح فتقول : إن دخول الهواء فى البرميل من أعلى ، كان نتيجة لجريان السائل منه من أسفل . وقد تؤدى زيادة من النقاش ، فى لطافة وسماحة ، إلى استخراج شيء عن معنى الضغط

الجوى وعمله فى هذه الظاهرة . والذى لا يزال يذكر من الناس ما تعلمه فى المدارس قد يقول فى ذلك : «إن الذى يمنع السائل من الخروج من البرميل ، أو من الماصة ، إنما هو الضغط الجوى . والقصد من رفع إصبعك عن أعلى الماصة ، أو عن الثقب بأعلى البرميل ، إنما هو الإذن للضغط الجوى بأن يعمل على سطح السائل ، وإذاً يتساوى الضغطان بأعلى السائل وأسفله ، وإذا يهبط الماء فيخرج لنفس السبب الذى يسقط به حجر إلى الأرض » .

أما أهل العرفان فى القرون المتوسطة فلهم فى إيضاح هذه الظاهرة طريق آخر . فأنت لو سألتهم فيها لقالوا لك، وعـنوا ما يقولون بالحرف ، إن الثقب الذى فى أعلى البرميل إنما هو لدخول الهواء إلى البرميل . لأن



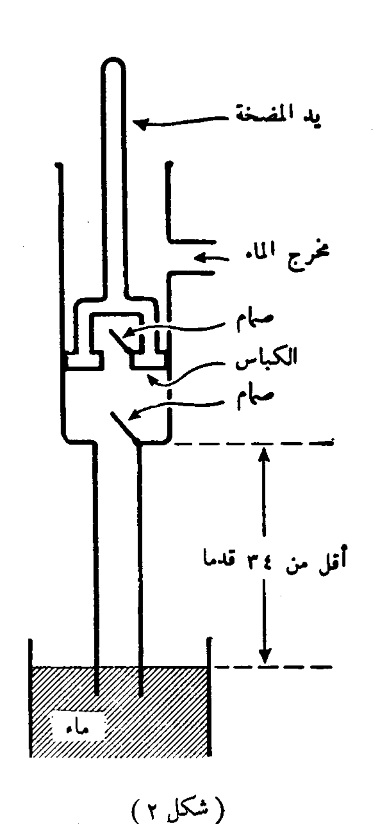
(شكل ١)
ماصة : إذا مصصت سائلا إلى أعلى أنبوبة صغيرة ، وسددت أعلاها بإصبعك ، لم يخرج منها السائل

عندهم أن العالم ملىء فرضاً ، وأن خروج السائل من البرميل يحل محل هواء خارج البرميل . فلا بد أن يهيأ مكان لهذا الهواء الخارج . ولا يكون هذا إلا بدخول هواء من أعلى يحل محل الفراغ الحادث .

وأقنع هذا التفسير المبنى على فرض « أن العالم ملآن دائماً » كثيراً من السائلين ، على مر الأجيال . وقد كان هذا الفرض جزءاً من تعاليم أرسطو على النحو الذى فهمه منها طلاب العلم وجهابذته فى القرون الوسطى . ونحن نستطيع أن نوفى هذا الرأى قسطه من التقدير ، ولكن ذلك يحتاج إلى أبواب فى هذا الكتاب كثيرة . ولكنا نجتزئ بأن نقتبس جملة مما كان يقول الأرسططاليون عندما يتحدثون ، تلك أن « الطبيعة تكره الفراغ » . وقد اعتمدوا على هذا المبدأ الفلسفى فى إيضاح أن الخمر لا تخرج من برميلها إذا لم يكن به إلا ثقب واحد بأسفله . قالو إن الخمر إذا خرجت لأحدث ذلك فراغاً ، والطبيعة تأبى الفراغ . وهذا عندى أسلوب جميل رائع فى الإيضاح قد يكون معادلا تماماً لإيضاح يقوله رجل هذا القرن الحاضر فى ساعة يغفل فيها عن دقة التعبير إذ يقول إن الفتحة العليا لازمة ليدخل منها الهواء . ومعنى هذا أن الرأى الباده لسواد الناس فى منتصف القرن العشرين فيه كثير من الأرسططالية والناس لا يدرون .

ونحن نستطيع أن نعتمد على هذا المبدأ القائل بأن الطبيعة تكره الفراغ لنفسر به كيف أن الماء يرتفع فى الأنبوبة عند المص ، أو كيف أن مضخة ماصة تحدث رفع الماء . إن تلك المضخة الماصة ، تلك الآلة العتيقة التى كانت من زمن غير بعيد جزءاً متمماً لكل مطبخ بكل

بيت، تعمل عمل الأنبوبة الماصة تماماً . إنك بتحريك يد المضخة إنما ترفع الكابس الذى بأنبوبتها . فإذا كان هذا الكابس حابساً ، رفع الماء معه . أو مصه كما قد نقول أحياناً . ولماذا يرتفع الماء هكذا ؟ لأن الطبيعة تكره الفراغ . هكذا قال الأرسطاليون. وبقول الأرسطاليين هذا آمنت أجيال من الفلاسفة كثيرة .

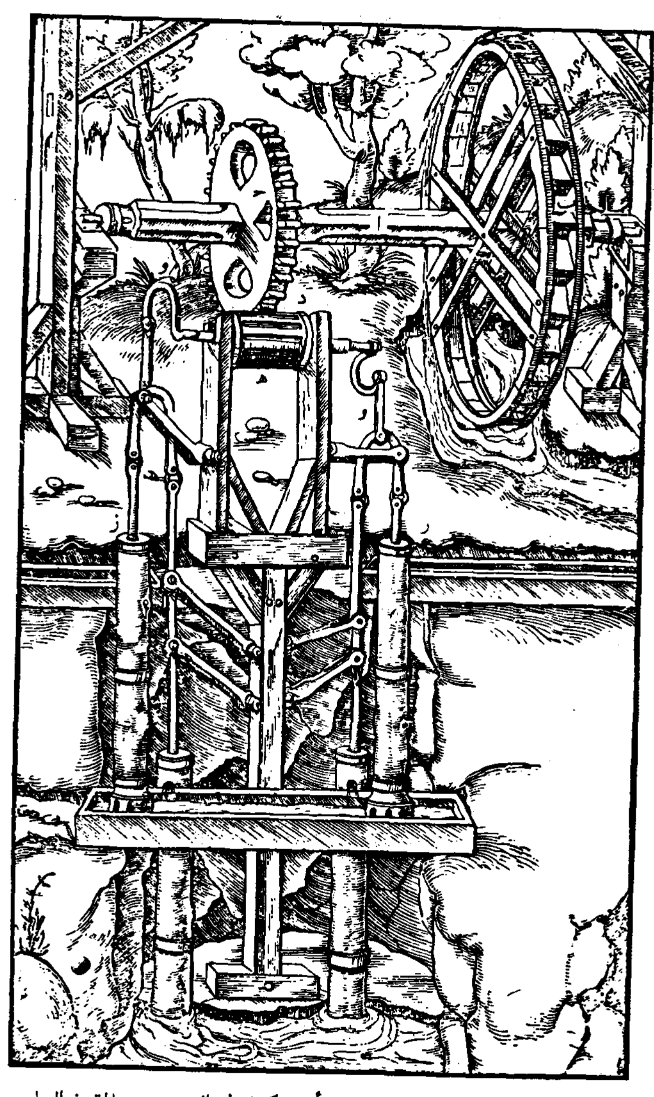


(شكل ٢)

مقطع رأسى لمضخة ماصة ، أو رافعة ، بسيطة . فإذا صعد الكابس فيها ، صعد وراءه الماء .

وأول صعوبة ظهرت فى هذا التفسير ظهرت فيما كتبه «جاليليو» فى مكتوبه الذى سماه « محادثات تتعلق بعلمين جديدين » وقد نشر فى عام ١٦٣٨ . فقد ذكر فيما كتب ، ذكراً عابراً ، أن المضخة لا ترتفع بالماء إلا إلى ارتفاع معلوم . ولن نقف عند التفسير الذى قدمه لهذا ، فهو قد بناه على شبه ضعيف ، ظاهر الضعف ، بين انقطاع عمود من ماء وانقطاع سلك من معدن . ولكنا نقف عند حدثٍ جدير بالوقوف عنده ، ذلك أن هذا العالم الإيطالى فوّت على نفسه بذلك أن يقدم للعلم شيئاً جديداً عظيماً ، يضاف إلى ما قدمه للعلم . وفى هذا عبرة للذين يعتقدون أنه يكفى أن تتراءى ظاهرة ، أو أن تعرض مسألة ، لعالم ، حتى يجد جوابها حاضراً . فما هكذا أثبت التاريخ .

إن المضخة الماصة لا تستطيع أن ترفع الماء إلى أكثر من ٣٤ قدماً . وقد أشار جاليليو ، وهو يذكر هذه الظاهرة ، إلى أنه عرفها من عامل . إن هذه المضخات لم تكن من المخترعات التى اخترعت فى عهد «جاليليو» ، فقد عرفتها قرون قبل عهده . وكل رجل عملى لا شك عرف قصور هذه المضخات من قديم ، فقد ظهر فى مقالة « أجريكولا » الشهيرة فى التعدين ، ظهر فيها مضختان متقاربتان يحركهما محرك واحد (شكل ٣) ، ومن العجيب ، مع كل هذا ، ألا يناقش هذا القصور فى المضخة ، قبل زمان «جاليليو» ، مناقش . فلعل من لاحظ هذا من قبل «جاليليو» ، عزاه إلى ضعف فى نفس الآلة وتركيبها ، فضعفها هو الذى أبى عليها أن ترفع الماء فوق ما رفعت . ويعزز هذا الظن أن مكابس هذه المضخات وصماماتها لم تكن عندئذ بمكان عظيم من حيث الإتقان .



(شكل ٣) رسم إيضاحى من كتاب أجريكولا فى التعدين ، بالقرن السادس عشر
يوضح عمل مضختين فى نزح الماء من المناجم

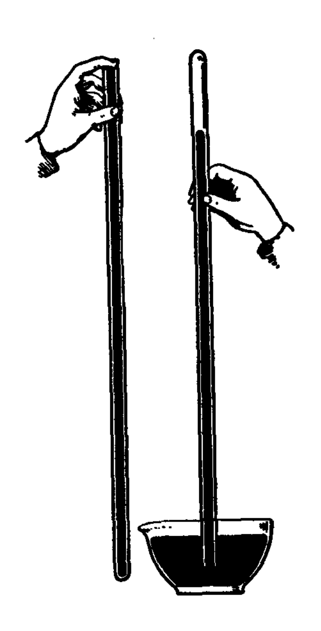
ولكن ظنى الأكبر ، والذى أرجحه أكثر ، هو أن هذا السكوت عن ذكر هذا القصور فى المضخة ، وإغفال مناقشته ، يرجع إلى البون الشاسع الذى ظل دهوراً يباعد بين العامل والعالم . فقد كان العمال يشغّلون المناجم ، ويصهرون المعادن ، ويحركون المضخات ، ويدخلون التحسين فى الآلات التى بها يعملون عن طريق الخبرة الفطرية . وإلى جانب هؤلاء العمال ، وبعيداً عنهم ، كان الأساتذة وجهابذة القصور يشتغلون بالعلوم الرياضية يقدمونها ، وبالاستدلال الاستنتاجى ، وبعلم الميكانيكا يخلقونه وهو جنين . والعلم التجريبى لم يخلق إلا عندما اجتمع العامل بالعالم ، والتقى التياران المتباعدان .

والذى أضاعه جاليليو ، وجده تلميذه «تورتشيلى» «Torricelli»[1] . ففى عام ١٦٤٤ ، أى ستة أعوام بعد أن نشر « جاليليو »عن المضخة ما نشر ، وبعد وفاته بسنتين ، كتب تورتشيلى كتابة تضمنت آراء عامة ، ولكنها محددة ، عن الجو والضغط الجوى . كانت مشروعاً تصوريًّا فكريًّا ، أو نظرية ، فى دور التخلق. وبأى وصف وصفتَ هذه الآراء ، تلك التى أبديت فى مكاتبات جرت بين «تورتشيلى» والكردينال ريتشى «Ricci» ، فهى لا شك كانت مقاطعة صريحة للرأى الأرسطاليسى القائل بأن الطبيعة تكره الفراغ . إنه على أسلوب ما ،

---

(١) هو العالم الرياضى الفيزيائى الإيطالى ، تعلم الرياضة فى روما وتأثر بما كتب جاليليو ، والتقى به فى فلورنسا ، وعمل كاتباً له ، يكتب ما يملى عليه ، ثلاثة أشهر كانت الأخيرة فى حياة جاليليو . وخلف جاليليو أستاذاً للرياضة فى أكا يمية فلورنسا عقب موته . ولد عام ١٦٠٨ ومات عام ١٦٤٧ ، أى بعد موت جاليليو بخمسة أعوام .

وفى تاريخ لم يسجل ، قد رأى أن الحد التى ترفع إليه المضخة الماء فلا تزيد عنه ، أعنى ٣٤ قدماً ، قد يكون هو مقياس ما للجو من ضغط . وهو ناقش المسألة فقال : إذا كانت الأرض يلفها بحر من الهواء ، وإذا كان الهواء مما يوزن ، فله إذا ثقل ، تحتم بذلك أن يضغط هذا الثقل على الأشياء التى على الأرض جميعاً ، كما يضغط الماء فى بطن البحر .



(شكل ٤)

الأنبوبة مليئة كل الملء بالزئبق . ثم يسد طرفها المفتوح بالإصبع . ثم تقلب الأنبوبة ويغمس طرفها المفتوح فى الزئبق فى صحن من الزئبق . فإذا تركت الإصبع طرف الأنبوبة سقط الزئبق فيها ثم توقف سقوطه عند ارتفاع نحو من ٣٠ بوصة

ثم هو يستخرج من هذا الفرض استنتاجاً ، ثم هو يلجأ إلى التجربة ليحققه . فعنده أن الضغط الجوى ، إذا صح أنه يحمل عموداً من الماء طوله ٣٤ قدماً ، فهو لا بد حامل عموداً من الزئبق طوله ٣٤ ÷ ١٤ أى $\frac{٣}{٧}$ ٢ قدم ، ما دام أن الزئبق أثقل من الماء ١٤ مرة تقريباً . استنتاج لا شك قابل للتحقيق بالتجربة . وجرب وحقق ، وتحقق من صحة ما زعم . حدث هذا على الظن حول عام ١٦٤٠ ، وفى فلورنسا بإيطاليا . وتسمت هذه التجربة العظيمة باسمه ، وباسمه سترتبط إلى الأبد .

فإذا كان من بين قرائى من لم ير هذه التجربة تجرى ، فلينهض من ساعته ، وليذهب إلى مدرسة ثانوية ويستهو مدرساً للطبيعة فيها أو للكيمياء حتى يقوم بإجراء هذه التجربة أمامه ، أو يأذن له بأن يجريها . إنها من التجارب البسيطة القليلة التى أحدثت فى العلم ثورة ، وهى تجرى بأقل جهاز ، وبأقل ما يمكن من حذلقة فى رياضة أو علم (شكل ٤) . وإليك هى : خذ أنبوبة من الزجاج ، قطرها عرض إصبع ، وطولها ٣ أقدام ، وأحد طرفيها مغلق . واملأها بالزئبق ملئا . ثم سد طرفها بإبهامك أو بسبابتك ، ولا تحبس بين إصبعك والزئبق هواء ولو فقاعة واحدة . ثم اقلب الأنبوبة واغمس طرفها بالإصبع الذى هو عليه فى زئبق بصحن . ثم أخرج إصبعك ودع الزئبق حراً يفعل ما يشاء . ويشاء الزئبق أن يهبط فى الأنبوبة إلى ٣٠ بوصة أو نحوها ثم هو يقف فلا يهبط فوق ذلك . وماذا فوق عمود الزئبق بعد هبوطه ؟ إنه الفراغ ! ! وهو حقاً فراغ كالذى صنعه «تورتشيلى» يوم أجرى تجربته المشهورة . فأنت أجريت التجربة التى أجرى . وفعلت فوق هذا . إنك

صنعت بارومترا . صنعت جهازاً يقاس به ضغط الهواء . وأنت إذا كنت تعيش فى موضع على سطح الأرض ، قريب مستواه من مستوى البحر ، فأنت واجد أن عمود الزئبق هذا طوله ٣٠ بوصة أو نحوها . وإذا كنت تعيش فى مكان من الأرض أعلى من سطح البحر ، فإنك واجد لهذا العمود الزئبق طولا أقل من ٣٠ بوصة .وأنت لو راقبت هذا الزئبق من يوم ليوم ، لوجدت أن طوله وهو بالمكان الواحد يتغير على الأيام . وهذا ما وجد تورتشيلى أيضًا بعد ما أجرى تجربته الأولى بقليل . إن هذا التغير فى الضغط الجوى أمر هو اليوم معروف مألوف ، ومع هذا فقد مضى أكثر من قرن قبل أن يبدأ الناس فى أن يدركوا علاقة ما بين طول البارومتر والضغط الجوى .

هكذا ابتدع تلميذ جاليليو أداة جديدة ، وهكذا حقق بها استنتاجاً استخرجه من فرض تصورى من فروض العلم عريض ، وهكذا أوجد فراغاً ظل الأرسططاليون دهراً ينكرون وجوده . والذى يهم دارسى مناهج العلم من هذه التجربة هو أنها مثل بسيط لتحقيق نتيجة واحدة ، أنتجناها بالفكر ، من فرض عريض أو نظرية كبيرة . إنا من الوجهة التاريخية لا نستطيع أن نؤكد أن هذا الفرض العريض سبق هذه النتيجة ، سبق هذا الاستنتاج الواحد الصغير ، لأنه ليس فى سجلات التاريخ ما يصف لنا كيف جاءت تورتشيلى فكرته عن الضغط الجوى أو تجربته لتحقيقها. ولكنا نرجح غاية الترجيح ، من قراءة المناقشة التى سجلها التاريخ لأستاذه العظيم فى شأن المضخة الماصة ، أن فكرة الضغط الجوى هى السابقة على التجربة عند تورتشيلى .

إن الذى يحير العقل فى تاريخ تقدم العلوم هو أن كثيراً من الأفكار الانقلابية فيه وصل إليها أصحابها بطرائق ما كان يحدسها العقل أبداً. إن القليل جداً من السابقين فى العلم وصلوا إلى ما وصلوا إليه من كشف عن طريق استدلال منطقى منظم. إن أكثر الذى وقع أن بارقة وهاجة برقت فى خيالهم، أو فكرة عابرة لمعت فى خاطرهم فأضاءت لهم الطريق من حيث لا يحسبون. وكثيراً ما سلكوا هذا الطريق أول الأمر بخطى غير واثقة. وسوف نرى ذلك مفصلا فى مثل من الأمثلة التاريخية الكبيرة، تلك نظرية لافوازييه عن الاحتراق، وكيف تدرجت حتى استقرت.

رأى «تورتشيلى» رأيه هذا عن الضغط الجوى. ثم هو يستنتج من فرضه هذا العام العريض نتيجة، ثم هو يحقق هذه النتيجة بالتجربة، ثم هو بهذه التجربة يصنع أول بارومتر عرفه التاريخ، أول جهاز قاس به الإنسان ضغط الهواء الجوى. ولم يلبث هذا أن حدث حتى جاء عالم رياضى فرنسى يستنتج من هذا الفرض العام العريض نتيجة ثانية، ثم هو بالتجربة يحققها. وكان هذا العالم الرياضى الفرنسى «پسكال»، «بليز پسكال» (Blaise Pascal)[1]. وكان رجلا عجيباً فى التاريخ، فى تاريخ العلم الحديث وفى تاريخ العلم اللاهوتى، فقد كان قسيساً.

---

(١) بسكال هو العالم الفرنسى والفيلسوف والرياضى، ورجل اللاهوت أيضاً، ولد عام ١٦٢٣ ومات عام ١٦٦٢. برع فى علم الهندسة صغيراً، وكتب، وهو فى سن السادسة عشرة رسالة عن القطاعات المخروطية أدهشت ديكارت. ثم تابع دراسة اللغة والمنطق والفيزياء والفلسفة فى جهد أضر بصحته ضرراً صاحبه طول حياته. وبحث فى موازنة السوائل وفى الهواء الجوى ووزنه. وفى عام ١٦٥٤ دخل ديربورت رواياك. وخرج منه ليعتزل فى باريس ومات مريضاً محطما.

وعرف بتجربة «تورتشيلى» من الكاتب الباريسى ، الأب مرسن (Mersenne) [١] فقام لتوه يعيد هذه التجربة فى مدينة روان (Rouen). وصنع ما صنعه تورتشيلى، ومن مجموعة من أنابيب أقام بارومترا من الماء ، وأثبت أنه فوق عمود من الماء طوله ٣٤ قدماً لا يوجد إلا الفراغ . ولكنه فعل أكثر من ذلك . إنه قدم للعلماء وجهة نظر جديدة : إذا صح أننا نعيش فى قاع بحر من الهواء يضغط علينا ، إذا لشابه بحر الهواء هذا بحر الماء ، وشابه ضغط الهواء ضغط الماء . وكان پسكال وأهل عصره يفهمون الماء ، وضغط الماء . وكانت قوانين الأدروستاتيكا (hydrostatics) ، قوانين علم توازن السوائل ، قد صيغت فى القرن الذى سبق . وجاء پسكال وشرحها شرحاً جميلا فى كتاب . قال إن الضغط فى داخل حوض من الماء ، وتحت سطح ماء فى بحيرة أو بحر أو محيط ، يتوقف على عمق النقطة التى عند الضغط فى حوض أو بحيرة أو محيط . والأسماك التى تأخذ ترتفع من قاع البحر إلى سطحه يقل ضغط الماء عليها كلما ارتفعت. فإذا صح أننا نعيش فى بحر من الهواء لخف الضغط كلما علونا فيه ، كما يخف فى البحر. وكان «تورتشيلى» ابتدع البارومتر ، لا من ماء، ولكن من زئبق .

وطلب پسكال إلى ابن أخته «بريار» (Perier) أن يقوم عنه بقياس الضغط الجوى على ارتفاعات فى الهواء مختلفة فى جبل بفرنسا الوسطى .

---

(١) هو الأب مران مرسن ، رفيق ديكارت فى التلمذة . وكان عالماً فى الرياضة ، واشتغل فى أواخر حياته بالبحث العلمى فى الرياضة والفيزياء والفلك . ودافع عن ديكارت لدى نقاده من رجال الدين . ولد عام ١٥٨٨ ، ومات عام ١٦٤٨ .

وعدّ پسكال هذه التجارب ، هذا المقاسات للضغط على هذه الارتفاعات، أكبر امتحان لصحة النظرية، نظرية الضغط الجوى . قال فى كتاب كتبه عام ١٦٤٧ : «إن التجربة التى أجراها تورتشيلى بملء أنبوبة زجاج بالزئبق ، ثم قلبها وغمس طرفها المفتوح فى حوض من الزئبق ، تجربة تدعو المرء إلى الاعتقاد بأن الذى يقيم هذا العمود من الزئبق فلا ينصب فى الحوض ، ليست كراهة الطبيعة للفراغ كما قال الأرسطاليون ، ولكنه عمود الهواء فى الجو . وهذا العمود هو الذى يوازن عمود الزئبق فلا يسقط» .واستطرد«پسكال» يقول« : ومع هذا فرأى القدماء عن كراهة الطبيعة للفراغ قد يثيره المجادلون فى تفسير هذا الظاهرة . وإذاً وجب إجراء تجربة تورتشيلى عند قمة جبل وعند سفحه، فى رأسه وعند قدمه ، فإذا قصر عمود الزئبق عند الرأس ، وطال عند القدم ، إذا لثبت أن وزن الهواء الجوى هو وحده السبب فى حمل عمود الزئبق ، وصلب عوده ، وليس كراهة الطبيعة للفراغ ، ذلك أنه من غير المعقول أن تكون كراهة الطبيعة أشد عند سفح الجبل منها عند قمته .

واستجاب ابن أخت پسكال إلى رجاء پسكال ، وأجرى التجارب فى سبتمبر عام ١٦٤٨ . وكانت النتائج المتوقعة . فكان ارتفاع عمود الزئبق فى أنبوبة تورتشيلى فى رأس جبل «پوى دى دوم» (Puy-de-Dôme) (١) أقل منه عند سفحه بنحو ثلاث بوصات . وفى جانب الجبل ، بين السفح والقمة ، كان ارتفاع الزئبق أعلى منه عند الرأس وأقل منه عند السفح . وجاء التقرير عن هذه التجارب يقول : إن التجربة أعيدت عند

---

(١) فى الغرب من ليون ، فى فرنسا .

رأس الجبل ، فى مواضع خمسة منه ، بعضها فى العراء و بعضها المحجوب عن السماء ، وواحدة أجريت وسحابة تمر بالرأس مرًّا ، ولم تغير هذه الأوضاع من النتيجة شيئاً . وفى هذه الأثناء كان رجل يقوم عند سفح الجبل بتجربة كهذه ، فوجدأن عمود الزئبق لم يتغير — إن ضغط الجو فى هذه الفترة لا بد أنه ظل ثابتاً فلم يتغير .

استنتاج ثان هذا إذاً استخرجه پسكال من هذا الفرض الجديد ، فرض أن الجو بحر من هواء ، له ضغط ، ثم جرت التجربة قاطعة بتحقيقه . أو هى على الأقل كانت قاطعة عند پسكال . والحق أننا نحن أيضاً قد نغرى بالقول ، بعد ما كان لتجربة ذلك الجبل من نجاح ، إن فكرة «تورتشيلى» عن الجو قد بلغت مبلغ المشروع التصوّرى الكبير ، مبلغ النظريات . ومع هذا فنحن قدنخاصم تورتشيلى فيما كان من فكرته ، ونخاصم پسكال فى الثقة التى أكسبتها إياه تجربته . إن تاريخ العلم منذ زمن «پسكال» إلى اليوم كشف لنا عن خطورة الاستنتاج الواحد ، نستخرجه من فرض عام ، ثم نحققه بالتجربة ، فنثبت صحته ، فإذا بنا نضفى هذه الصحة ، لا على هذا الاستنتاج الواحد وحده ، بل على الفرض أو النظرية بحذافيرها !

إنه من النافع أن نعود بالحديث إلى التجربة التى خالها «پسكال» ودفع إلى ابن أخته « پريار » بإجرائها لنقول إن هذه النظرية الجديدة ، هذا المشروع التصورى الجديد ، الذى ابتدعه «پسكال» ، لا يمكن التدليل عليه بالتجربة المباشرة ، ولو أننا كثيراً ما نسقط هذه السقطة فنتحدث عادة كما لو كانت هذه النظرية قابلة للبت فيها بالمباشر

من التجريب . إن قليلا من النظريات ، من الفروض ذات المجالات الواسعة ، يمكن تحقيقه بالمباشر من التجريب .

إن بين الفرض التصورى ، وبين الذى تثبته التجارب سلسلة من الاستدلال طويلة كثيرة الحلقات . وقد يتراءى ما أقول من ذلك تافهاً ، وما هو بتافه . إن كثيراً من العثرات العلمية وقع عند حلقة من هذه السلسلة الاستدلالية الطويلة . فهذا الطريق ، ما بين الفرض وبين التجارب التى تهدف إلى تحقيقه ، به أشواك تتمزق فتدمى بها قدم الدليل من بعد الدليل . فقد يجد المجرب فى التجربة ما يحسبه مرتبطاً بالنظرية التى يهدف إلى تحقيقها ، وما هو بمرتبط على الصورة التى يراها . وسنعود إلى هذا فى أحوال أخرى تأتى فنرى كيف تضلل التجربة مجريها . ولو أنه كان لنا أن ندخل فى علم الطبيعة ، علم الفيزياء ، فنحاول تفسير ما وقع فى فيزياء القرن العشرين من مصاعب ، إذا لواجهنا مثل هذا الذى نتحدث عنه ، من علاقة ما بين النظريات وتجاربها ، من صعوبات ؛ ولكن فى شىء قليل من التغيير . وإذا لوجدنا أن الظنون التى حسبناها ؛ على البداهة وعلى الفطرة ، مما يسلم به الناظر فيما بين النظريات وما أجرى فى سبيل التدليل عليها من تجارب ، هذه الظنون وهذه المسلمات كان لا بد من تغييرها ومن تحويرها عندما جئنا نبحث فى السرعات وهى كبيرة غاية الكبر ، وفى دقائق الأجسام وهى صغيرة غاية الصغر [١] .

ولنعد الآن إلى تجارب « پريار » ، ولنفحصها فى شىء من الدقة ، وذلك لصلتها الوثيقة بمنطق التجريب والتجربة . إن الاستنتاج الذى

---

(١) انظر ما ذكرنا عن النظرية النسبية بصفحة ٤٨ .

استخرجه پسكال من مشروعه التصورى الجديد ، من نظريته ، يمكن صياغته هكذا : «إن الأرض ، إذا كان يحيط بها حقًّا بحر من هواء ، وكان هذا الهواء له وزن ، إذاً لنتج عن هذا أن يكون ضغط الهواء عند رأس الجبل أقل من ضغطه عند قاعدة الجبل » . ولا بد ، لترجمة هذا الاستنتاج إلى تجربة خاصة تُجرى ، من إجراء عملية عقلية فى الذهن غير قصيرة . إذا كان عمود «تورتشيلى»مقياساً صادقاً للضغط الجوىّ . ثم أجرينا هذه التجربة المذكورة عند رأس الجبل ثم عند قدمه ، إذا لكان طول العمود الزئبقى عند الرأس أقل منه عند القدم ، على شرط ألا يتدخل فى الأمر عامل يؤثر فى الضغط الجوى أثناء ذلك أو فى طول العمود الزئبقى .

إن « إذا » و « على شرط » فى حديثنا هذا لهما خطورة كبرى . إن « پريار » أراد أن يسد باباً واحداً للخطأ ، ذلك احتمال تغير الضغط الجوى وهو يجرى تجاربه ، فأقعد رجلا عند قاعدة الجبل يرعى أنبوبة من زئبق خشية أن يتغير ضغط الجو فيتغير ارتفاع الزئبق . وباباً آخر أراد أن يسده ليؤكد لنفسه أن طول العمود الزئبقى مقياس صادق للضغط ، ذلك ما قد يكون فى الزئبق من فقاقيع هواء . فعمد إلى الزئبق فأخرج منه كل فقاعة محتملة من هواء . ــ ذلك أن فقاعة واحدة تصعد من عمود الزئبق إلى ما فوقه من فراغ تنزل بعمود الزئبق نزولا محسوساً ــ . إنه لم يصف لنا كيف فعل هذا . والحق أن تطابق نتائجه هذا التطابق المطرد يجعل من الريبة طبعه ، أن يرفع حاجبيه عجباً . وأنا نفسى أميل إلى أن أعتقد أن « پريار » غلبه تحمسه لنجاح التجربة على زيادة حرصه فى توخّى

الدقة . ولكن لا ضرورة للدخول فى موضوع كهذا على طرافته ، ويكفى أن نقول فى هذا الصدد إن الدقة فى إجراء التجارب وفى تسجيل نتائجها فى عام ١٦٤٨ لم تكن بلغت ما بلغته فى أيامنا هذه.أجرى « پريار » عدة من تجارب عند عدة من مواضع ، واتبع فى إجرائها عدة من قواعد صاغها لنفسه فى حذر .والذى نظره فرقمه فى كل مرة إنما هو فرق مابين سطحى الزئبق من ارتفاع . وأغلب الظن أنه استخدم مسطرة مقسمة إلى بوصات ، مقسمة كل بوصة منها إلى اثنى عشر جزءاً . والمنطق الذى اتبعه « پريار » وهو يقوم بتجاربه هذه كان منطق الصانع أو منطق ربة البيت عندما يعمدان إلى التجريب لاكتشاف طريق جديد إلى هدف عملى . فقد قال « پريار » : « إذا أنا أجريت تجربة«تورتشيلى»فى هذا الموضع ، ولم أخطئ فى إجرائى ، ولم تتدخل أسباب مجهولة فتؤثر فى طول العمود الزئبقى ،—وهذا فرض مقصور على هذه الحالة ذاتها — ، فأنا لا شك واجد ارتفاع الزئبق فى هذا الموضع أقل من ارتفاع يجده القاعد عند قاعدة الجبل الآن يقيس ارتفاع عمود«الزئبق هناك». فكل الذى عرفه «پسكال»وعرفه پريار من هذا الأمر أن عمود هو الزئبق قد يكون أقصر عند رأس الجبل منه عند قاعدته، لأسباب عدة: منها أن كثافة الزئبق وكثافة الهواء قد تتغيران —كان معنى الكثافة فى عصرهما قد بدأ يتكون . ومنها أن المسطرة قد يتغير طولها بالارتفاع بها فى الجو بضعة آلاف من الأقدام . وپريار نفسه أدرك أن المكان الطلق والمكان المغلق قد يختلف تأثيرهما فى عمود الزئبق . وكذلك السحابة السيارة . وهو قام بإجراء التجربة فى داخل كنيسة صغيرة ، وفى خارجها ، وحين كان الجو صحواً ، وحين

كان ماطراً . حاول بكل ذلك أن يكشف أثر عوامل متغيرة فى نتائج التجربة ، ومع هذا ظل يخرج منها بنتائج واحدة .

والمهم فى هذا الموضوع هو وجود عوامل متغيرة كثيرة فى تجربة تجرى لامتحان استنتاج يخرج من فرض أو نظرية . أما فيما يختص بتجربة « پريار » بالذات ، فكل الذى جرى من البحث فى هذا الصدد من بعد ذلك لم يكشف إلى الآن عن عوامل متغيرة تنقض ما خرج به پريار فى تجاربه « الوصفية »من أن عمود الزئبق فى أنبوبة تورتشيلى أقصر عند قمة الجبل منه عند سفحه .

حيدة عن الموضوع : شبان وهواة

إنى أقترح أن أقف فى قصة ما كان من أمر الهواء فى القرن السابع عشر لأعرض فى اختصار مثلا من ظاهرة لا تفتأ تتكرر فى تاريخ العلم الحديث. وأعنى بهذه الظاهرة ما يطغى على العلم من حين إلى حين من اهتمام بالغ بوجه من وجوه العلم ، تتبعه دراسات مركزة واسعة تنتشر بدورها فى العالم العلمى فلا تكاد تذر منه شيئاً .إنها فكرة جديدة ، أو اكتشاف جديد ، أو هو جهاز من الأجهزة جديد ، يفتح حقلا من حقول العلم فيتكاثر فيه فالحوه . ويدخله الباحثون أفواجاً ،ويتقدم العلم فى هذا الحقل تقدماً سريعاً عجيباً . ثم تتخاذل الهمم ويقل فى هذا الحقل الإنتاج . ثم تعقب ذلك فترة خمود وانتظار . إن هذه الظاهرة تتصل اتصالا غير قليل ، على ما أعتقد ، بالرغبة المعهودة فى الشباب

فى أن يختلفوا مع أشياخهم فينصرفوا عنهم طلباً لحقول للبحث جديدة أخرى .وهذا بالضبط ما حدث فى دراسةالضغط الجوى فى منتصف القرن السابع عشر . ذلك أن «تورتشيلى »كان عمره ستة وثلاثين عاماً يوم بعث كتابه المشهور إلى الكردينال ريتشى (Ricci) و«پسكال» كان عمره أربعة وعشرين عاماً عند ما رسم لابن أخيه تجارب الجبل، جبل پوى دى دوم. و«بوييل» Boyle ، وقد أوشكنا أن ندرس ما صنع فى أمر الهواء ، كان عمره اثنين وثلاثين عاماً لما بدأ دراسته للهواء .

ويجب أن نذكر أن هؤلاء الرجال ، هؤلاء الشبان ، كانوا هواة ، ولا شيء غير هواة . فلم يكن بعد قدجاءالوقتالذى وجدفيه العلم التجريبى مسكناً فى الجامعات . وكان على الزمان أن يمضى قرنين كاملين قبل أن توجد معامل الأبحاث وتنشأ المعاهد. نعم إن «جاليليو» كان أستاذاً فى جامعة « پدوا » (Padua) ، ولكنه كان آخر رجل أنتج للعلم من هذا المركز الشهير للمعارف الحديثة الناشئة ، أو كاد يكونه . وعاش «بوييل» [1]

---

(١) هو روبرت بوييل ، صاحب القانون المشهور فى علم الطبيعة ، وهو المسمى بقانون بوييل . ومن الغريب أن هذا القانون تسميه الأمم الأوربية قانون ماريوت Mariotte ، لاختلاف فى الأسبقية إليه . ولد بوييل فى قصر لزمور ، بأيرلندة ، فقد كان أبوه إرل كورك ، وذلك فى عام ١٦٢٧ . وتعلم الفرنسية واللاتينية طفلا . ودخل مدرسة أيتن الشهيرة وهو ابن ثمانية . وسافر إلى فرنسا برفقة مدرس له وهو ابن أحد عشر . وزار إيطاليا وهو ابن ١٤ عاماً ، فقضى شتاء العام فى فلورنسا (عام ١٦٤١) ، وبها جاليليو الشيخ ، على وشك الموت ، فأخذ يدرس ما صنع هذا الرجل العظم « الراعى للنجوم » . وعاد إلى إنجلترا عام ١٦٤٤ ، وسنه ١٧ عاماً ، فانصرف لدراسة العلوم . ولم يلبث أن اتخذ مكانه من تلك الرفقة من الباحثين التى صارت « الجمعية الملكية » فى لندن ، رسم بها شارل الثانى ، عام ١٦٦٣ . واختير بوييل رئيساً لها فأبى لتحرجه من القسم=

فى جامعة أكسفورد فى هذا الوقت الذى نحن ذاكروه ، ولكن هذه الجامعة كانت لمدة قصيرة هى الاستثناء الذى يثبت القاعدة . ذلك أن محط العرفان القديم هذا كان قد امتلأت مناصبه بشبان ، جاء بهم «كروموبل» (Cromwell) (١) وجيشه . وكانوا خصوم الملكية ، وكانوا على درجات مختلفة من البيوريتانية (Puritanism) (٢) ، ولكنهم جميعاً كانوا ممن يقدرون فلسفة باكون (Bacon) ويؤمنون بحل المسائل عن طريق التجريب وذهب «كروموبل» ، وعادت الملكية ، وتغيرت شئون الجامعات مثلما تغيرت أول مرّة. والشبان الذين كان «كروموبل» أدخلهم إلى أكسفورد ، أقيل بعضهم ليحل مكانهم طائفة الأساتذة القدماء ممن ناصروا الملكية.

الذى كان عليه أن يقسمه . وهكذا وهب حياته وثروته للعلم . وفى هذا الكتاب الذى بين أيدينا إشارات كثيرة إلى ما صنع . إنما ناحيته الدينية لم تذكر . فهو مع دعوته إلى الفلسفة الجديدة ، مجيباً فى ذلك دعوة فرانسيس باكون ، لم يتشكك كغيره فى دينه . بل زاد به تمسكاً. وفعل أكثر من ذلك . أخذ يدرس اللاهوت ، وفى سبيل ذلك تعلم اللغة العبرانية والسريانية والإغريقية ، وفى وصيته ترك مالا ينفق على محاضرات هدفها «الدفاع عن الدين المسيحى ضد غلاة الكفرة من أمثال الجاحدين لله ، والمعترفين بوجوده ، من غير المسيحيين » على ألا يدخل المحاضر فى الخلافات التى بين الطوائف المسيحية . ومات فى عام ١٦٩١ .

(١) أليفر كروموبل ، حكم بريطانيا العظمى حكماً كالجمهورى ، بين الملك شارل الأول ، ومن بعد قتله ، وبين شارل الثانى الذى عاد إلى الملك ، أعاده الملكيون بعد وفاة كروموبل ، ولد عام ١٥٩٩ ومات عام ١٦٥٨ .

(٢) البيوريتانية مذهب مسيحى ، بروستنتينى ، غلا عن البروتستانية فى إنجلترا واتهمها بأنها أبقت على الكثير من مشاعر الكثلكة الرومانية . ومن رأيهم فى الحياة التقشف ، والتحشم ، واجتناب المباذل ، ووسائل التسلية التى كانت قائمة وقتذاك . وعادوا الدرامة ، فاقتص الممثلون بالسخرية منهم على المسرح . وهم الذين ناصروا كروموبل فى إطاحته بالملكية .

وترك سائرهم الجامعة من ذات نفسه. وما كادوا يخرجون من أكسفورد حتى دخلوا الكنيسة بعد الجديد من إرسائها ، وتولوا مناصب خطيرة ، ولكنهم لم يعودوا إلى أكسفورد . وأكسفورد لم تعد أن تكون للعلم محطاً . والجمعية الملكية (Royal Society)، التى أسسها وأخرج مرسومها الملكى هذا النفر من العلماء الشبان، اتخذت لها لندن مقراً .

وفى فلورنسا بإيطاليا حدث مثل ما حدث فى إنجلترا . نفر من العلماء الشبان الهواة قاموا فى رعاية الدوقات والأشراف يتممون العمل الذى قام به صديقهم تورتشيلى، وكان قد مات موتة باكرة فى عام ١٦٤٧ . وكونوا « أكاديمية التجريب » ،واسمها بالإيطالية أكاديميا دل شيمنتو (Accademia del Cimento) ، وظلت تعمل وتثمر فى أحسن حال من عام ١٦٥٧ إلى عام ١٦٦٧ فى أرض كاثوليكية كاملة الكثلكة ، وذلك بعد محاكمة جاليليو الشهيرة وإدانة الكنيسة له . ولكن من الواجب هنا أن نقول إن الظاهر أن الأكاديمية تركت أمر الكون ونظامه فلم تتعرض له .

إن انتعاش هذه الأكاديمية العلمية، هذا الانتعاش الباكر حقيقة لا يكاد يسيغها أولئك الذين يبالغون فى توكيد الصلة بين العلم الحديث والبر وتستنتية .

وبويل ، يوم توجه إلى العلم، كان شاباً وكان غنياً . كان ابن رجل عصامى واسع الثراء (إرْل كورك العظيم ،وهو إنجليزى كوّن ثروته باستغلاله إيرلندة) ، واستطاع أن يكون راعى نفسه ، فكانه . ذلك أن النوع الذى اختاره للتجريب لم يكن قليل النفقة كالذى قام به « پريار ».

كان نوعاً من البحث يحتاج إلى النفقة الكبيرة ، لشراء أجهزة وأجر مساعدين . قال بويل : « إن الدراسة المثمرة للفلسفة التجريبية لا تثمر إلا إذا كان إلى جانب العقل المفكر كيس ملآن بالنقود » . وتابع قوله فقال : « إن على أصحاب المواهب أن يستغلوا أصحاب الثراء من أصحابهم فى الكشف عن أسرار هذه الطبيعة » . والذى يقرأ تاريخ حياة بويل يعلم أنه اتبع نصيحته هذه كل اتباع .

اختراع المضخة الفراغية

وعلى ذكر الهواة من العلماء لا بد أن نفرد هنا بالذكر هاوياً ، هو الذى اخترع المضخة الفراغية (vacuum pump) ، واسمه «أوتو فُنْ جوركه»(Otto von Guericke) . وكان رجلا من رجال الأعمال، وكان عمدة بلدة « مجدى بورج » ، ولعب دوراً فى الحرب الثلاثينية ، ونهبت بلدته انتهاباً فيها ، عام ١٦٣١ . ولعل اهتمامه بالفلسفة التجريبية الحديثة كان ذا صلة باهتمامه بهندسة الحروب . ولسنا ندرى كيف تكونت آراؤه عن الجو وهوائه . لعله يكون قد اهتدى من ذات نفسه إلى ما كان اهتدى إليه «تورتشيلى». والمعروف الموثوق به أنه صنع بارومترًا مائيًّا وبنى أول مكنة لتفريغ الهواء من وعاء يحتويه . ولو أننا نظرنا إلى الوراء لبان لنا بداهة أن اختراعه هذا كان نقلا عن ذلك الجزء الماص من المضخة الرافعة للماء . فقد حاول « أوتو » بمضخة من النحاس الأصفر أن يخرج الماءا متصاصاً من برميل ملىء كل الملء بالماء، وذلك بدلا من أن يستخدم

مكبساً يجرى فى أسطوانة يرفع بهما عموداً من الماء كما فعل الناس لرفع الماء بالمضخات المائية من قرون خلت . وصنع أشكالا مختلفة لاختراعه هذا . وصاحب مجهوده هذا ما يصحب مجهود السابقين البادئين المجاهدين من بعض نجاح وبعض خيبة . ولم ينجح فى مسعاه إلا عندما حاول أن يخرج الهواء كما يخرج الماء من وعاء مغلق ، ثم انتهى بأن أخرج الهواء وحده . كذلك وجد أن من الضرورى أن يكون الوعاء من معدن ، وأن يكون كرويًّا حتى يقاوم ضغط الهواء الناتج عليه . وما جاء عام ١٦٥٤ حتى استطاع أن يجرى تجربته الشهيرة



شكل (٥)

نصفا كرة مجدى بورج ، التى صنعها أوتو فن جوركه

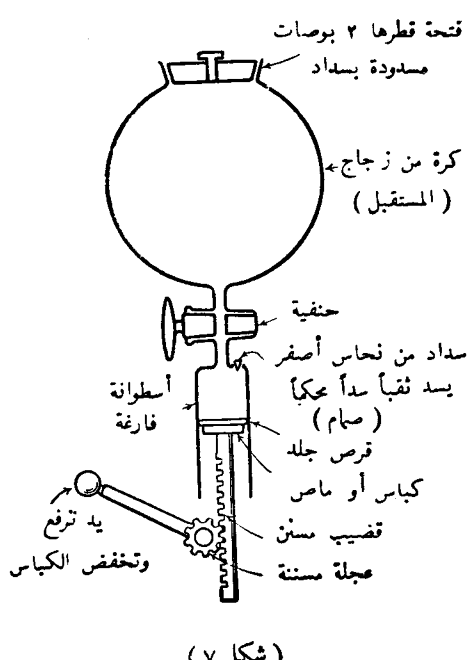
تجربة نصفى كرة مجدى بورج ، أجراها أمام البرلمان الإمبراطورى مجتمعاً فى مدينة « راتس بون Ratisbon » بباڤاريا (شكل ٥) . نصفا كرة من البرنز ، جمعهما وطابق بين حرفيهما فى إحكام شديد ، تكونت منهما الكرة ، وبداخلها الهواء ، أفرغ « أوتو » الهواء الذى بها . وبخروج الهواء من داخل الكرة وقع ضغط الهواء الخارجى وحده على النصفين فتماسكا تماسكاً شديداً لم تستطع قوة ثمانية من الخيل أن تفصل بينهما . وأدخل الهواء بفتح صنبور فى الكرة ، فما أسرع ما انفصل نصفاها .

إن هذه التجربة التى قام بها « أوتو » هكذا على هذا الملأ قد تعتبر تحقيقاً لاستنتاج آخر استخرج من نظرية«تورتشيلى». ولكن أهم من هذا لما نحن بصدده استخدام « روبرت بوييل » لهذه المضخة، مضخة « فون جوركه » ، فى تجاربه .

تجارب روبرت بوييل

عمل بوييل بهذه المضخة الجديدة من كتاب نشره أستاذ من الجزويت بجامعة ڤرتزبرج (Wurzburg) عام ١٦٥٧ . فهكذا كانت الأخبار العلمية تصل إلى العلماء ، اعتباطاً ومصادفة . وما علم بوييل بهذه المضخة حتى رأى فيها وسيلة لتحقيق استنتاج آخر مستخرج من المشروع التصورى الذى ارتآه«تورتشيلى» عن الهواء، أى من نظريته. وجمع بوييل بين المنطق والخيال الخصيب ، وبهما هدف إلى ما هدف إليه . وما كان هدفه إلا طرازاً من أطرزة الفكر تكرر لدى كثير من الباحثين

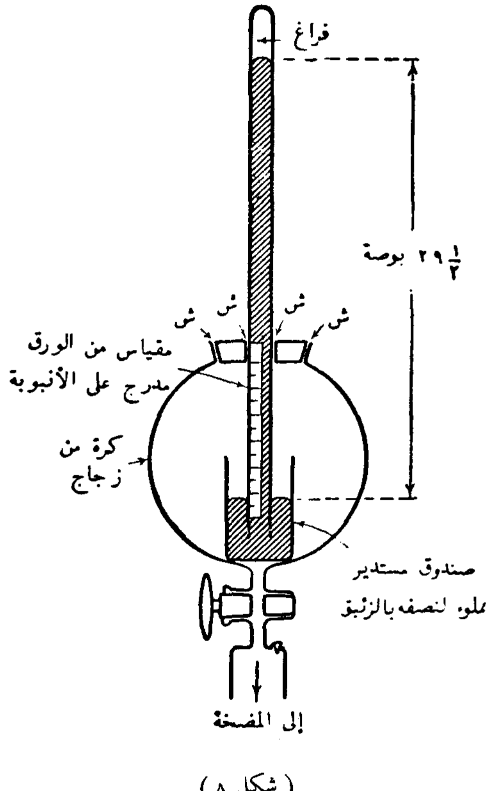
الناجحين فى الثلاثة القرون الماضية . يبتدع مبتدع أداة جديدة فى العلم ، فما يكادون يعلمون بابتداعها حتى يتفتق خيالهم عن طرائق تستخدم فيها تلك الأداة فى إثبات رأى فى العلم أو نفيه . والذى هدف إليه بوييل



(شكل ٧)

وصف بوييل كيف تعمل مضخته قال : عند ما نشد الكباس إلى أسفل (والصمام مغلق) تصبح الأسطوانة بعد أن غادرها الكباس فارغة من الهواء . وعندئذ تفتح الحنفية فيدخل الهواء الذى بالمستقبل مندفعاً إلى الأسطوانة المفرغة . فإذا أغلق الحنفية ، فأغلق بذلك المستقبل ، وفتحنا الصمام ، ودفعنا بالكباس إلى أعلى . . . طردنا بهذا إلى الجو ما بالأسطوانة من هواء . فإذا نحن كررنا هذا فسوف نأخذ من هواء المستقبل إلى الأسطوانة لندفع به إلى الجو ، وفى كل حال ينقص هواء المستقبل شيئاً فشيئاً .

باستخدام المضخةهوأن يعيدفى المعمل ما أجراه « پريار » فى الجبل ، جبل « پوى دى دوم » . وغير من مضخة « أوتو فن جوركه » بحيث استطاع أن يدخل فى الوعاء الذى يفرغ منه الهواء ذلك الجزء الأسفل



(شكل ٨)

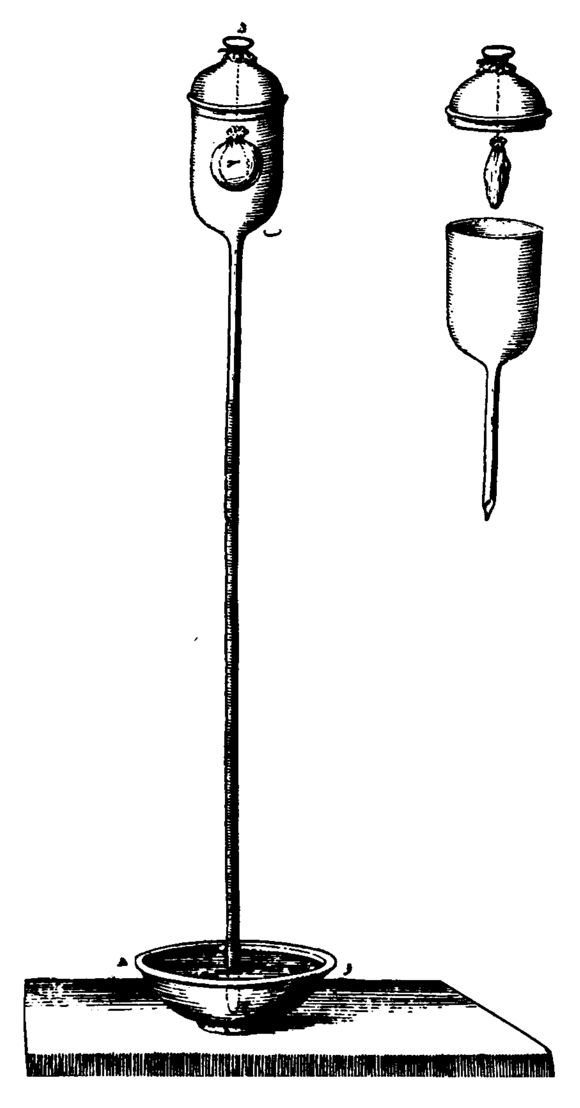
رسم إيضاحى للجهاز الذى صنعه بوييل ليزيل به الهواء من فوق مستودع البارومتر . وكرة الزجاج التى بالرسم هى الجزء الأعلى من المضخة . والحروف ش ش تدل على المواضع الذى استخدم فيها الشمع ليحكم السد . فإذا اشتغلت المضخة قصر عمود الزئبق .

من بارومتر تورتشيلى (شكلا ٧ و ٨) . وشغل المضخة فأخرجت الهواء من فوق مستودع الزئبق فى البارومتر فانخفض عمود زئبقه . قال بلفظه : « ولما تم كل شىء ، حُرك الماصُّ إلى أسفل. وبخروج هواء من الوعاء قدر حجم أسطوانة المضخة هبط الزئبق فى الأنبوبة كما توقعنا » . واستطاع أن يهبط بهذا العمود الزئبقى إلى ما قارب مستوى الزئبق فى مستودعه ، لا إلى هذا المستوى تماماً . أو بعبارة أخرى هو استطاع أن يفرغ الوعاء حتى لا يكون فيه من ضغط هواء إلا مقدار جزء من ثلاثة عشر جزءامن ضغطه الأول . ووقفت المضخة عند هذا الحد من التفريغ لأنها ، كما ظن هو ، لم تكن من الكفاية بحيث تفرغ الهواء كل إفراغ . ثم هو أذن للهواء أن يعود فيدخل إلى الوعاء ، وعندئذ ارتفع الزئبق فى الأنبوبة بالبارومتر إلى مستواه الأول .

ولقد يظن الإنسان أن«بوييل» ، عندما نشر وصفاً لتجربته هذه ، لقيت أفكاره الجديدة عند كل الناس فى العالم العلمى قبولا . الواقع أن تقدم العلم كان بطيئاً فى منتصف القرن السابع عشر ، ويرجع السبب فى بعض هذا إلى أنه لم تكن هناك لا جمعيات علمية ولا مجلات . نشر بوييل وصفاً مفصلا لمضخته ، وكان أسماها « الآلة الهوائية الجديدة » ، ووصف كثيراً من التجارب التى يسهل إجراؤها فيما تحدثه « الآلة » من فراغ . وكان من هذه ما أجراه « فن جوركه » ، وكان منها ما أجراه أعضاء أكاديمية التجريب ،«أكاديمية دل شيمنتو»الإيطالية التى سبق ذكرها . ولم تكن طريقتهم فى إيجاد الفراغ بالطريقة اليسيرة ، فقد أحدثوه فى أعلى أنبوبة تورتشيلى بعد أن وسعوا أعلاها حتى يتسع لما يدخلونه فيه

من أشياء ليست صغيرة الحجم ، هى أجهزة التجارب التى يقصدون إلى إجرائها . وهم إذ يقلبون هذه الأنبوبة البارومترية مملوءة بالزئبق ، فى مستودع البارومتر ، يحدث الفراغ فى ما صار من أعلاها الموسع . لقد صار أعلاها ، هذا الموسع ، خزانة فارغة من الهواء (شكل ٩) .

إن من قرأوا لبوييل ، فى ذلك الزمان ، وجدوا فى الذى وصف من تجارب ، والذى أردفها به من آراء ، شيئاً جديداً لم يألفوه . وأسرع اثنان من قرائه ينتقدانه تهجماً . وكان أحدهما جليل القدر . كان الفيلسوف «توماس هوبز» (Thomas Hobbes) . وكان ينعى على الجامعات الإنجليزية أشد النعى أنها محافظة عتيقة لم تزل تتشبث بالآراء الأرسططالية القديمة ، ومع هذا فكان هو ممن يعتقدون بالكون الملىء الذى يكره الفراغ ، وكان الثانى من نقاده رجلا غير معروف الذكر اسمه «فرانسيسكس لينوس» (Franciscus Linus) ، وكانت له آراء غريبة فى الظاهرة التى رآها «تورتشيلى» أول من رأى. واشترك «لينوس» «وهوبز» فى شىء واحد ، ذلك أن كليهما آمن بالكون الملىء الذى لا يقبل الفراغ . وعارض لينوس آراء بوييل بآراء من عنده . وكانت آراء عجيبة ، ومع هذا كان لها وجه يغرى الناس بتصديقها . أراد لينوس أن يفسر نتائج بوييل فتقدم بهذا الفرض البدائى : فرض وجود غشاء لا يرى ، هو الذى رفع الزئبق فى أنبوبة «تورتشيلى» . وسمى هذا الغشاء حبلا . وقد نعلق على هذا الفرض ، ونحن نمر به مرًّا ، فنقول إن هذا قد يتراءى سخيفاً ، ولكن هذا مثل من الفرض يبتدع ابتداعاً استجابة لموقف خاص . وهو إجراء غير نادر الوقوع فى تاريخ العلوم ، أعنى أن الناقد يجد نفسه فى موضع من الجدل لا يحمد



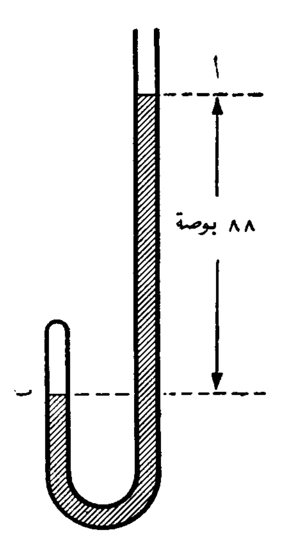
(شكل ٩) جهاز تجربة قامت بها أكاديمية التجريب » فى فلورنسا . وهى ترينا كيف تتمدد المثانة ، أو كيس قابل للتمدد مثلها ، إذا هى وضعت فى فراغ تورتشيلى .

فيخرج منه بفرض خاص كهذا يبتدعه . وفى هذه الحالة بالذات استطاع لينوس ، لدعم فرضه هذا ، أن يأتى بملاحظة يراها الناس معقولة مقبولة . قال ما معناه : ضع إصبعك تسد به أعلى الأنبوبة ، أنبوبة تورتشيلى ، وهى مفتوحة الأعلى، تحس فى إصبعك شد الحبل – ومثل هذا يمكن حسه بالأنبوبة الماصة التى بالشكل رقم ١ – . فأى حجة تتصل بحس الشخص منا أقوى من هذه وأكثر إقناعاً ؟ إنك فعلا تحس لحم إصبعك يشد فى الفراغ الموجود فوق عمود الزئبق . إن هذا الغشاء الخفى هو الذى يشد لحم إصبعك إلى أدنى . وهو هو الذى يشد عمود الزئبق إلى أعلى ؛

ورد بوييل على هذه الحجة وأمثالها ، قال إن ضغط الهواء الخارجى هو الذى يدفع بلحم الإصبع داخل الأنبوبة البارومترية . ولكن بوييل كان حريصاً على أن يجيب عن تجربة بتجربة . ورأى أن إجراءه فى المعمل لتجارب ، بالمضخة، أجراها « پريار» على الجبل بالأنبوبة البارومترية ، لا تكفى . فقد كان لينوس علق على تجربة بوييل فقال إنه بتفريغ الوعاء من هوائه فوق مستودع الزئبق ، شدت هذه الأغشية الخفية الزئبق فى هذا المستودع ، ونتج عن ذلك أن شدالحبل الذى بأعلى أنبوبة البارومتر. والحق أنك إذا أعطيت المزاج اللازم فإنك لتكاد ترى هذا الحبل يعمل كما يعمل الحبل من المطاط ، كلما رفعت عمود الزئبق فى الأنبوبة أو خفضته، بتفريغ الوعاء من هوائه حيناً ، وملئه حيناً .

ولمح بوييل فى سرعة أن لينوس لا بد فارض فرضاً جديداً يفسر به ثبوت ارتفاع البارومتر ، أو ثباته التقريبى ، عند مستوى البحر . وقد اضطر لينوس ففرض أن هذا الحبل لا يستطيع أن يرفع عموداً من

الزئبق فوق التسع والعشرين بوصة ونصف أو نحوها . وعلى هذا أخذ بوييل يصنع جهازاً بسيطاً لتجربة جديدة ، أنبوبة من الزجاج لواها حتى صار لها شعبتان متوازيتان ، إحداهما طويلة والأخرى قصيرة . والشعبة الأولى مفتوحة الأعلى ، والشعبة القصيرة مغلقة الأعلى (شكل ١٠) . وصب فى الأنبوبة ، فى الشعبة الطويلة المفتوحة طبعاً ، زئبقاً ، حتى صار فرق ما بين المستويين ، مستوى الزئبق فى المستودع ومستواه فى



(شكل ١٠)

عندما مص بوييل الهواء بفمه عند الفتحة « ا » ، ارتفع الزئبق فى الشعبة الطويلة . فإذا صح أن غشاء من طرف لسانه هو الذى رفع الزئبق إلى أعلى ، إذاً لكان هذا الغشاء فى هذه الحالة رافعاً عموداً من الزئبق طوله ٨٨ بوصة . وهذا يعارض فرض لينوس الذى يقول إن الغشاء غشاء لا يرى و إنه لا يستطيع أن يرفع عموداً من الزئبق طوله أكثر من ٣٠ بوصة .

الأنبوبة ، ٨٨ بوصة . ثم أخذ يمص الهواء بفمه من فتحة الأنبوبة العليا فوجد أن مستوى الزئبق ارتفع فعلا ارتفاعاً محسوساً . قال بوييل : « وهذه ظاهرة لا يمكن تفسيرها بالحبل الذى ابتدعه لينوس ، ذلك أنه هو اعترف بأن هذا الحبل لا يستطيع أن يرفع عموداً من الزئبق طوله أكثر من ٢٩ أو ٣٠ بوصة من الزئبق » .

ومن هذه التجارب ، التى قصدبها بوييل نقض الأفكار الغريبة التى جاء بها لينوس ، خرج بوييل عفواً بقياسات حجمية ، خرج منها بقانونه المشهور الذى يصل بين حجم الغاز وضغطه . ولكنا نرجئ عمل بوييل هذا إلى باب قادم. ولعل من الخير أن نختتم هذا البحث فى هوائيات القرن السابع عشر بذكر تجارب بارعة أجراها بوييل يحاول بها عبثاً أن يجد الدليل على وجود ذلك « المائع الخفى » (subtlefluid) الذى فرض الفيلسوف " ديكارت" (Descartes) [١] وجوده، وبوجوده آمن كل من اعتنق فكرة الكون الملىء الذى لا يقبل الفراغ أبداً . وذكر هذه التجارب البارعة التى قام بها بوييل ، يروق الناظر فى تاريخ العلوم لأنها أخفقت . والمخفقات فى تاريخ العلم قليلة الذكر ، فالذى يذكر فيه

---

(١) هو رينيه ديكارت ، الفيلسوف الفرنسى الشهير ، ولد عام ١٥٩٦ ومات عام ١٦٥٠ . بدأ حياته فى الجندية ، وحارب فى هولندة وباڤاريا . وفى عام ١٦٢١ أقام فى هولندة وانصرف إلى دراسة الفلسفة وأراد أن ينشىء فلسفة جديدة ، على أن ينسى ما سبق من فلاسفة ، بل ما سبق من نفسه ، ومن علمه ومن نشأته ومن ميوله كائنة ما كانت . والكثير يعدونه أول فاتح لباب الفلسفة الحديثة . وإلى جانب الفلسفة درس الرياضة ودرس الطبيعة . وكان الناس فى زمانه ينظرون فى الكون ، فرأى أن الكون ملىء بالأثير وأن الأجرام تدور فيه كالدوامات فى الماء . ودعاه ملك السويد إلى السويد ، وذهب إلى استكهلم ومات فيها .

إنما هو المحاولات الناجحة لتحقيق استنتاجات تستخرج من مشروعات تصورية. أى نظريات قدر لها البقاء .

اتبع « هوبز » الإنجليزى « ديكارت » الفرنسى فاعتقد مثله أن الكون ملىء بشىء مائع رقيق دقيق هراب غلاب ، أكبر صفة فيه خفاؤه . وهو قد أدخل فى معتقده هذا الجديد ذلك التفسير الأرسطالىّ القديم الذى يفسر لنا حاجة برميل الخمر إلى ثقب فى أعلاه لكى تندفع خمره من ثقب فى أدناه . والظاهر أن « هوبز » مال إلى الإقرار بأن بوييل حينما شغل مضخته الهوائية قد أخرج شيئاً من وعائه الكروىّ، ولكنه أبى أن يعترف بوجود « فراغ حقيقى » .

وكان بوييل رجلا كثير الحذر ، فى هذه وفى غيرها . فهو لما أثار هذا الموضوع فى تقريره الأول ، تساءل : أصدقت تجاربه حقًّا فى التدليل على وجود فراغ حقًّا فى هذا الحيز الذى انتزع منه الهواء ، فراغٍ كامل خال من كل جسم ذى جرم ؟ ثم أخذ يشرح العقبات القائمة فى سبيل اقتناع من قال لا ومن قال نعم . قال فى تقريره : « إذا نحن نظرنا من جانب واحد أمكننا القول بأنه على الرغم من إخراجنا الهواء من الوعاء ، فقد لا يكون وعاؤنا خاليا من كل شىء فيه ، ما دام أن جسماً نتركه به نراه بأعيننا. وهذا لا يكون إلا أن يكون الوعاء منفذاً لأشعة الضوء . . . . وهذه الأشعة إما انبعاثات جثمانية من جسم مضىء ، وإما أن الضوء الذى تحمله هذه الأشعة ينتج عن حركات تجرى سريعة فى مادة خفية مرّاقة لا تحس ولا ترى . —وهنا نستطيع أن نعلق على قول بوييل فنقول إن هذين الاحتمالين فى تفسير ظاهرة الضوء كان يقرؤهما

القارئ منذ خمسين عاماً فيدرك طبعاً أن الصحيح أحدهما ، وأنه إذا صح احتمال فقد بطل الآخر. ولكن الحال غير هذا فى هذه الأيام. وإلى هذا أشرنا فى الباب الثانى من هذا الكتاب ـ . واستطرد بويل فى تقريره يقول : « ومن ناحية أخرى نستطيع أن نقول إن هذه المادة الخفية المراقة ، التى ترى بوساطتها الأجسام، تنفذ من الجدران الزجاجية للوعاء» . ثم وازن بويل حجج المتجادلين ، على كل من الجانبين ، وخرج يقول: « ولست بمجترئ أن احتمل الحكم فى خصومة صعبة كهذه » .

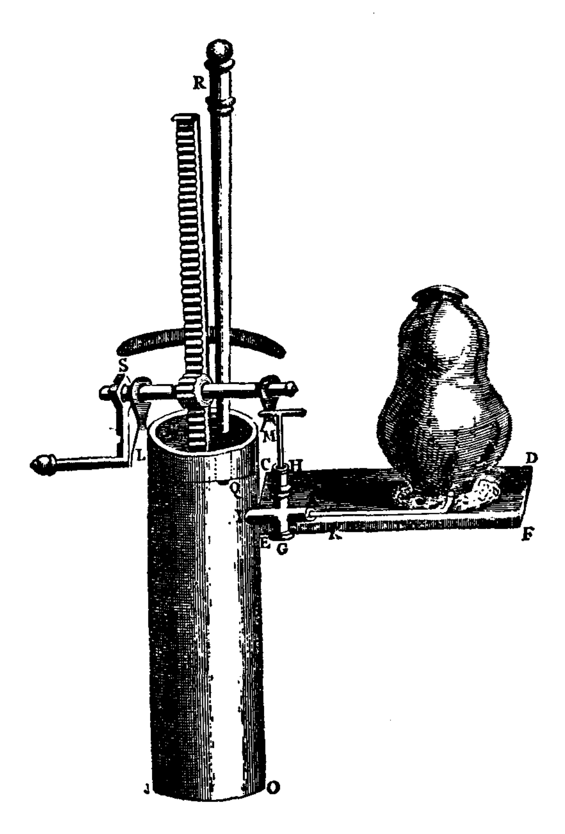
إن بويل لم يكن باستطاعته ، بمضخته هذه الأولى ، أى يحل مسألة شائكة تتضمن البحث عن « مائع خفى » . ولكنه ما لبث أن ضاق بمضخته هذه فصمم أخرى أحسن منها . وكان لهذه المضخة الجديدة وعاء منفرد يمكن إفراغه . وبهذا الوعاء المنفرد ، بهذا المستقبِل ، وبمقياس ابتدعه لقياس ما بقى فى هذا المستقبِل بعد إفراغه من ضغط ، بهذين خطا بويل خطوة واسعة نحو أساليب التجريب كما نعرفها فى هذه الأيام . ولست أغالى إذا قلت إن روبرت بويل كان أبا للعلم التجريبى الحديث . فهو لم يكن باحثاً بارعاً حذراً فحسب ، بل كان إلى جانب هذا أول رجل وضع المثل الأول للتقرير العلمى كيف يكون كاملا دقيقاً .

ونشر بويل فى عام ١٦٦٧ تقريراً طويلا عن كثير من التجارب التى أجراها بمضخته هذه الثانية . ومن هذه التجارب ما سوف نتناوله فى الباب القادم . ولكن كلامنا هنا إنما هو عن هذا البضع من التجارب التى عنوانها «محاولات فى بحث المادة الرقيقة الخافية التى ابتدعها ديكارت ،

أو الأثير ، من حيث حسها وحركتها . . . . »

اعتزم بوييل عزماً مؤكداً أن يبحث فى فرض عظيم قد نسميه مشروعا تصوريًّا ، أى نظرية ، أو لا نسميه . وهذه الصعوبة فى التسمية وجدنا مثلها فى تسمية الأثير حامل الضوء ، أثير القرن التاسع عشر . والحق أننا نستطيع فى شيء من الرحابة أن نجعل من الأثيرين ، أثير ديكارت ، أثير القرن السابع عشر ، وأثير القرن التاسع عشر ، شيئاً واحداً ، ونسمى هذا الفرض ، فرض الأثير ، فرض المائع الخفى ، مشروعا تصوريًّا ، أى نظرية ، لا يزال لها نفعها ، على الأقل ، للأغراض التعليمية ، فى القرن العشرين .

إنه لا بوييل ، ولا أحد غير بوييل يستطيع بطريقة مباشرة أن يحقق صحة الفرض القائل بوجود « مائع خفى » ، كما لا يستطيع أحد أن يحقق بطريقة مباشرة نظرية تورتشيلى فيما يختص بالفراغ . وهذا معنى جدير بالاعتبار كل الاعتبار . إن الاستنتاجات لا بد أن تشتق أولا من المشروع التصورى العظيم ، من النظرية الكبيرة الضخمة ، ثم تصبح هذه الاستنتاجات بدورها أساساً لسلسلة من التدليل تنتهى بفرض محدود . وهذا الفرض المحدود هو الذى يمكن تحقيقه عمليًّا أخيرا ، وتقضى فيه التجربة بنعم أو لا . إن بوييل لا يحلل نتائجه أو يفصل إجراءاته بحيث يفرق فى وضوح بين أن يكشف المرء عن وجود « مائع خفى » عام ، وبين أن يكشف عن وجود «مائع خاص» له بعض صفات خاصة . ولكن هذا الفرق (وهو جوهرى) مفهوم ضمناً فى نتيجة إحدى تجاربه . ففيها يقول تصريحاً إنه إذا كان فى الوعاء المفرغ أثير وجب أن يكون



(شكل ١١)

شكل يوضح الجزء الأعلى لمضخة بوييل الثانية والنصف الأسفل لها كان فى جوهره هو النصف الأسفل لمضخته الأولى. وقد قطع السطح G D E P ليظهر لنا الأنبوبة A B والتى منها يفرغ الهواء من المستقبل إلى الجو عن طريق الصمام O H .

هذا الأثير أرق من الهواء إذا ما رقق الهواء مائة مرة ، وفى معنى محدود كهذا لا يستطيع المرء أن يخاصمه أبداً .

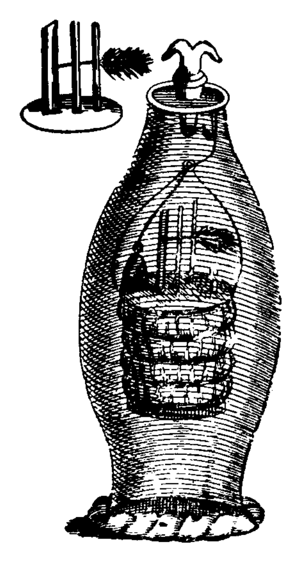
إن الذى فعله بوييل كان باختصار هكذا : إنه فرض وجود مائع له صفات خاصة حدّد معناها ما تصوره من تجارب . ثم إنه استنتج مما وصف لنفسه من مشروع تصورى أعم وأكثر إبهاماً ، بعض استنتاجات . وهذه الاستنتاجات قادته بدورها إلى الأسلوب التدليلى الذى يقول : « إذا فرضنا كذا إذاً وجب أن يكون كذا » ، وقاده هذا الأسلوب التدليلى إلى سلسلة من تجارب معينة . وكانت كل نتيجة من نتائج هذه التجارب سالبة . وتراكم هذه النتائج السالبة لهذه التجارب المعينة رجح ألا يوجد مائع خفىّ بالصفات الخاصة هذه التى فرضت أنها صفاته . ولكن هذه النتائج السالبة لم تقل بالطبع شيئاً عن وجود مائع خفىّ له صفات غير هذه الصفات .

إن المائع الخفىّ الذى عرفته تجارب بوييل هو مائع يشابه الهواء العادى ، وهو فى ضغطه دون جزء من ثلاثين جزءاً من الضغط الجوىّ أو نحو ذلك . والهواء حتى إذا خفف إلى هذا الحد يمكن تحريكه بضغطة سريعة يضغطها الضاغط على منفاخ أو من محقن ، والتيار الهوائى الذى يتولد من هذا التحريك يمكن إظهاره والتدليل على وجوده . وقد خفف بوييل الهواء إلى ضغط دون البوصة من الزئبق فى وعاء من زجاج ، وجعل فيه ريشة ، وأثبت أن الريشة يمكن تحريكها فى هذا الهواء المخفف بنفخة سريعة من منفاخ أو محقن (شكل ١٢) .

وقد اضطر بوييل إلى أن يفرض أن المائع الخفى الذى هدف إلى

كشفه كان بحيث ألا يفرّغ من الوعاء بالمضخة ، أو إذا هو فرغ فما أسرع ما يعود إليه من خلل السداد . ذلك لأن صفة من الصفات التى افترضت فى هذا السائل الخفى أنه يستطيع أن ينفذ من صماماته ، أو من فتحات سدها بالشمع ، فيعود إلى الوعاء الذى فرغ .

وكان عنده من الأسباب ما يدعوه إلى الظن باحتمال وجود مائع كهذا له من قوة النفاذ ما وصفناه وليس هذا بدعاً ، فبوييل ، ككل من قام بتجارب فيها إحداث فراغ ، عرف معنى التنفيس ، ومعنى ما يحدثه التنفيس من عَنَت. ولقد ذكر بوييل فى أول ما كتب عن



(شكل١٢)

صورة للمنفاخ الذى صنعه بوييل فى محاولته إيجاد شىء يملأ الفراغ أرق وأخف من الهواء .

هذه البحوث أنه ليس من غير المحتمل أن جزءا من الهواء كان من القدرة على الإفلات بحيث إنه تنفس من ثقوب ظنها غير موجودة.

وقد يميل القارئ إلى أن يعتبر أن ما حاوله بوييل من إثبات وجود أثير ديكارت سخفا وعبثاً صبيانيًّا . ولكنى أرى أن الذى صنع بوييل مثل طيب لسلسلة من التجارب يحسن إجراؤها فتعطى أنتجة سالبة مؤداها الحكم على نظرية ما بأنها مما لا يحتمل صحته . وهذه التجارب قد تتراءى بدائية فى ظل نظريات يؤمن بها العلماء اليوم إيماناً سهلا . ولكن يجب علينا أن نذكر دائماً أنه ، فى حدود ما كان اكتشف من عرفان فى القرن السابع عشر ، كان من الجائز جدًّا فى العقول أن هذا الهواء مكون من مادتين تختلف إحداهما عن الأخرى فى قدرة النفاذ من الثقوب الصغيرة . وهذا الاختلاف فى قدرة النفاذ من ثقوب نعرفه نحن كل العرفان عندما نريد أن نفصل مسحوقاً من سائل ، بالترشيح . ولم نذهب بعيداً ونحن نعلم اليوم أن عناصر الهواء ، لا سيما الأكسجين والأزوت ، يختلفان اختلافاً صغيراً فى سرعة مرورهما فى أنبوبة ضيقة كبيرة الضيق . ولكن هذا الاختلاف الصغير هو من الصغر بحيث لم يكن ليكشف أمره أى جهاز من أجهزة القرن السابع عشر أو حتى من أجهزة القرن الثامن عشر . والحق أننا نعرف اليوم أن الفرق الكبير فى « التخفى » الذى بحث عنه بوييل ، فى سبيل الكشف عن ذلك المائع الديكارتى ، لا يمكن أن يوجد فى أى مخلوط من غازات . ذلك أن من طبيعة الغازات ألا تسمح بأن يوجد فى خليط منها اختلاف كبير فى التوزع كالذى قد يوجد فى مخلوط من ماء وغرين دقيق الحبات معلق

فيه ، أو حتى كالذى يوجد فى اللبن أو فى الدم ، وكلاهما أخلاط من ماء وأشياء أخرى . على أن هذا كله لم يعرف إلا بعد قرن من عهد بوييل .

ومضى بعد هذا قرن أو أكثر قبل أن يجىء المشروع التصورى الذى نستخدمه الآن فى تفسير : كيف يتطبع الهواء وتتطبع سائر الغازات (النظرية الحركية للغازات Kinetic theory) .

إنى فى استعراضى الآراء التى كانت فى القرن السابع عشر فى الهواء وفى الضغط الجوى لم أكد أشير إلى أن الهواء ، على نقيض الماء ، سهل ضغطه . وهذه حقيقة لا يذكّر بها اليوم من الناس أحد لشيوعها وبداهتها. أما فى القرون الماضية فمن الطريف أن يتبين المرء أن هذه الحقيقة نالت قليلا من الذكر قبل أن ينشر "بوييل" نتائج تجاربه هذه. نعم إن "تورتشيلى" فى كتاب من كتبه الشهيرة التى وجهها إلى "الكردينال ريتشى" (Ricci) أراد أن يصف كيف تنضغط مادة فتضغط على السطح الذى يحملها ، فشبهها بعمود من صوف . ولكن طريقته فى إحداث الفراغ كان من الممكن شرحها بدون ذكر ما للهواء من انضغاط كبير . "وپسكال" يؤكد فى كتاباته الشبه بين ضغط الماء وضغط الهواء . وهو قد ذكر التشبيه بعمود الصوف ، ولكنه نظر إلى الهواء فى أكثر ما كتب على أنه مادة كالماء إلا أنها أقل منه كثافة ، وأقل كثيراً. أما "بوييل" فقد أكد مراراً وتكراراً أن الهواء ينضغط ، وأكد ما فى هذه الصفة التى للهوا من خطورة. ووصف الهواء ، فذكر ضغطه ، وأسماه « زنبرك الهواء » .

إن الذى يبحث عن مثل بسيط « للتصور الذهنى يخرج من تجربة »

فإنه واجد هذا المثل حاضراً فى عودة الفكرة التى تقول بأن الهواء مائع مرن . ذلك أن طريقة بوييل فى إحداث الفراغ اختلفت عن طريقة "تورتشيلى"وعن طريقة"پسكال"،وتضمنت استخدام مضخة . ونحن اليوم ، إذا أردنا أن نحس « بزنبرك الهواء » ، فما علينا إلا أن نشغل مضخة هواء . وهذه المضخة ، إن كانت لضغط الهواء ، كالمضخة التى تستخدم فى نفخ إطار لسيارة ، فأنت واجد منها ، وأنت تدفع مكبسها إلى أسفل ، بما يشعرك بأنك تدفع عموداً من الهواء مطاطاً . فإن كانت المضخة للإفراغ . لا للكبس ، فأنت شاعر بمثل ذلك وأنت تدفع المكبس إلى أعلى . والواقع أن فحص أى مضخة لإفراغ الهواء، بنيت مؤسسة على طريقة "فن جوركه" (شكل ٧) ، يدل على أن المضخة ما كانت لتعمل لو كان الهواء لا ينضغط كما لا ينضغط الماء . إن التمدد السريع للهواء من الوعاء المفرغ هو الذى يضمن دخوله إلى الأسطوانة المفرغة للهواء بينا يخرج منها مكبسها . وبكل تحريكة كاملة للمكبس يخرج من هواء الوعاء جزء يتوقف مقداره على نسبة سعة الوعاء المفرغ إلى الأسطوانة المفرغة . إن بوييل ، وهو رب التجربة العظيم فى القرن السابع عشر ، لا يمكن أن يعطى فضل السبق ، على إطلاقه ، إلى فكرة أن الهواء ينضغط ، ولكن الأرجح أنه اهتدى إليها مستقلا ، ومن المؤكد أنه أول رجل رأى لها مالها من خطورة .

إننا إذا وصفنا الهواء والماء وصفاً تقريبيا لقلنا إن الهواء يقبل أن ينضغط سهلا ، وإن الماء لا يكاد يقبل انضغاطاً أبداً . وهذا الوصف ، الذى لا يتعرض للمقادير ، كان نافعاً فى وقت كان فيه العلم بادئاً . ولكنه لم

يلبث أن صار غير كاف ، وصار لا بد من تقدير ومن مقادير . وكان لا بد للتقدير من قياس ، ومن دخول الرياضة لتحدد ما يدور فى الرأس من آراء مجرّدة . وانتقل بوييل من آرائه الوصفية عن الهواء إلى تقدير ما به من مرونة . وقد عالجنا هذا فيما عالجنا فى باب قادم (الباب السادس) أفردناه للحديث فى التجارب الكمية وما لعبت الرياضة من أدوار .

الباب الخامس

طرز متكررة في البحوث التجريبية

في الباب السابق أتينا على عدة من أمثلة لطراز واحد متكرر من الطرز المتكررة في البحوث التجريبية ، يوضح لنا كيف نحقق بالتجربة الاستنتاجات المستخرجة من مشروع تصورى جديد ، أو بلفظ آخر من نظرية جديدة . وهذه الأمثلة ذاتها قامت ترينا كيف يثمر مشروع تصورى جديد فيؤدى إلى تجارب جديدة. فتجربة "تورتشيلى" ، وصعود "بريار" جبل "بوى دى دوم" ليجرى فيه ما يجريه ، وتجارب "بوييل" التى أعاد فيها فى المعمل ما صنع "بريار" على الجبل ، كل هذه أمثلة تاريخية للطرازين المذكورين كيف تأديا . وفى كل هذه كان المشروع التصورى ، أعنى النظرية ، مثمراً . وفضلا عن هذا فأنتجة التجارب مالت إلى تحقيق ما خالته النظرية من فروض . وعلى النقيض من ذلك أدى بحث "بوييل" عن مائع مستخف هراب إلى نتائج سالبة ، أدت بالبحث إلى التوقف . وعلى هذا وجب الحكم بأن فكرة المائع المستخفى على ما تصوره "بوييل" كانت فى جوهرها غير مثمرة . وقد ننعتها بالبطلان إذا نحن جانبنا الحذر الزائد فيما نقول وما نحكم . وأقل ما نقول فيها أنها فكرة كل ما خرج عنها من استنتاجات لم يستطع تحقيقه . والفكرة التى لا يخرج عنها إلا القليل من الاستنتاجات ، ثم لا يؤدى تحقيق هذه الاستنتاجات إلا إلى

نتائج سالبة ، فكرة لا يمكن على أى أساس أن نسميها مثمرة .

إنا فى هذا الباب سندرس بضعة من أمثلة بسيطة لبعض الطرز التى تتكرر فى التجريب العلمى . ودراسة هوائيات القرن السابع عشر لا شك لهذا الغرض نافعة مجزية . وفيها أمثلة كثيرة ترينا وجوهاً رائعة من وجوه التبصر والتخيل ، والاستقامة إلى الهدف حيناً ، واللف والدوران حوله حيناً ، أشبه شىء بالذى يجرى فى ميدان الحرب من كر وفر . إلا أنه ينقص هذه الوجوه وجه واحد نفتقده أكبر افتقاد . ذلك أنه من العسير أن نجد فى بحوث هوائيات القرن السابع عشر مثلا للخاطرة الخاطفة تشعلها العبقرية بغتة فى رأس رجل فيقوم لتوه يرسم لنا من جرائها خطوط نظرية فى العلم جديدة . لقد جاز أن يكون هذا ما وقع فى رأس "تورتشيلى" لما جاء بنظرية فراغه ، ولكنا لا نستطيع أن نقول فى هذا شيئاً لأننا لا ندرى من تاريخ هذه الفكرة شيئاً . ولكن هذا الوجه الناقص سوف يتأتى لنا استتمامه فى الباب السابع ، عند ما نبحث فى الثورة الكيماوية . وبصرف النظر عن هذا النقص ، فإنا واجدون كل العناصر الجوهرية اللازمة لتقدم العلم عن طريق التجريب فيما قام به «روبرت بوييل» وقام به معاصروه من بحوث. إن فكرة "بوييل" ، فكرة "زنبرك الهواء" التى ابتدعها ، وذكرها أول ذاكر فى مناقشته نتائج تجاربه ، إن هى إلا مثل للصورة الذهنية كيف تخرج من تجربة . كذلك الأمثلة عدة ، للآلة تخترع ، أو للجهاز يحسن أو يبتدع ، فينتج هذا تقدماً فى العلم غير يسير . ويكفى للتدليل على هذا ذكر مضخة فن جوركه ، والآلات الهوائية المختلفة الأشكال التى بناها "بوييل" ، وبارومتر "تورتشيلى" . فكل هذه فتحت للتجريب حقلا

جديداً من بعد حقل جديد . على أن هذه الأجهزة وحدها، وما يخرج عنها من نتائج وحدها ، لا تؤدى إلى تقدم فى العلم . فلا بد لأن تؤدى هذه الأشياء عملها ، وتؤتى ثمارها ، من وصلها بالنظرية الجديدة ، بالمشروع التصورى العام، وهى تتصل به بسلسلة من بنات الفكر ليس عنها غناء وأنت واجد سلسلة كهذه فى التجارب البسيطة ، وهى التى على بساطتها تاريخية عظيمة، تلك التى ابتدعها "پسكال" "وبوييل" ووصفناها فى الباب الذى سبق .

وتاريخ الهوائيات هذا الباكر فيه الأمثلة العديدة التى تظهر خطورة التعرف على العوامل المتغيرة التى تحيط بظاهرة أو بتجربة . إنا نستطيع أن نفتح تقرير بوييل الذى أسماه « فى زنبرك الهواء » ، وأن نفتح أى صفحة فيه ، لنجد فيها مادة نصنع منها خطبة نؤكد بها ضرورة التحكم فى أمثال هذه العوامل المتغيرة . ولإيضاح هذا سوف نأتى فى اختصار على دراسته انتقال الصوت فى الفراغ . وهذه الدراسة سترى القارئ نوعاً من التجريب لعب دوراً نافعاً فى تقدم البحث العلمى : باحث علمى ، أمامه أداة جديدة أو قديمة دخلها التحسين فتجددت . وينظر إليها فيعلم أنه بها يستطيع أن يعيد تحقيق أمر سبق تحقيقه ، يدفعه إلى ذلك ما يحسه فى هذا الأمر من لبس أو إبهام . وعنده أنه لن ينكشف له بالذى يصنع كشف ثورى خطير ، أو على الأقل أن احتمال ذلك جد قليل . والصور الذهنية والمشروعات التصورية الفكرية التى تتصل بما يعتزم أن يصنع أشياء معروفة مرضية عند العلماء مستقرة . ومع كل هذا فالباحث يقبل على ما هو معتزم من تجارب . إنه لا يؤمن بأنها ستؤدى به إلى شىء خطير ،

ولكنه يرى فى مسألة بذاتها أنها رُبطت ولم يحكَم رباطها، فهو يريد أن يحكمه بربط أطراف له متهدلة. واختصاراً تعرض للبحّاث أحياناً حالة لا تتطلب البحث العاجل الخطير ، ومع هذا يقومون ببحثها ، يغريهم به أن أداة للبحث جديدة حضرت ، وأن أسلوباً جديداً من أساليب الهجوم على مسألة قد توافر . وعملهم هذا لا شك نافع ، فالحكم فى قضية من قضايا العلم ، لا يبنى على دليل أو دليلين أو ثلاثة ، وإنما على كثرة من أدلة ، وكلما زادت هذه الكثرة زاد الحكم وثوقاً . وقد يرى بعض القراء أن ما سنورده فى الصفحات القادمة من التفاهة بمكان ولكنه من أجل هذه التفاهة سيكون نافعاً . ذلك أنه من الأضرار التى تنشأ من حكاية تاريخ العلم لغير العالم ، بعرض نظريات العلم الكبرى وتصوراته العظمى ، أن يتأثر خاطئاً فيحسب أنه ليس من خطير فى العلم غير هذه النظريات وهذه التصورات. كتب "كريسى" (E.S. Creasy) كتابه «الوقائع الخمس عشرة الفاصلة فى حروب الدنيا» ، فماذا كان له من أثر فى القارئ العادى ؟ خلق فى ذهنه صورة شوهاء من تاريخ الحروب . إن الصفحات القليلة القادمة كتبتها أصلا لأوضح بها بضعة من الأمور المتصلة بحيل العلوم وتحيّل بحّاثها للوصول إلى أهدافهم، ولكنها مع هذا سوف تخفف من نظرة القارئ إلى العلم ، تلك النظرة الفخمة الكاذبة ، فإنى سوف أضمنها تجارب قام بها "بوييل" ليست من الخطورة بمكان .

أمثلة من تجارب بوييل

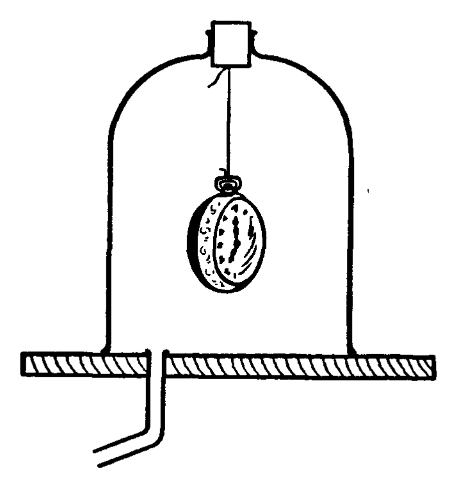
انتقال الصوت فى الفراغ :

إنك تقرأ لبوييل نقاشه فى هذا الموضوع فتحسب منه أن الناس كانوا يعتقدون لعدة من سنين أن الصوت إنما يتنقل فى الهواء وبالهواء . ومن هذه الفكرة ينتج طبعاً أن الصوت لا ينتقل فى فراغ . والظاهر أن بحاث أكاديمية التجريب بفلورنسا ، (أكاديمية دى شيمنتو) ، وقد مر ذكرها ، عمدوا إلى كشف صحة هذا الرأى بالتجربة . وخرجوا من تجربتهم على رأى غير قاطع وهذا غير مستغرب بسبب الطريقة التى اتبعوها فى إجراء التجربة . فهم علقوا جرساً فى داخل أنبوبة تورتشيلى ، فى أعلاها ، فوق الزئبق ، بعد أن نفخوا زجاجها ووسعوا هذا الأعلى . وهذه طريقة أقل ما يقال فيها إنها ليست سهلة ميسرة ، وطريقة بوييل ، باستخدامه مضخته ، أيسر لا شك فى إحداث الفراغ . ومع هذا فهو لما أجرى تجربته عن الصوت فى الفراغ باستخدام مضخته الأولى ، فى صيغتها الأولى (شكل ٧) حصل على نتائج ملتبسة غير قاطعة كذلك . إنه علق ساعة بخيط داخل وعاء أفرغه . وسمع دقات الساعة قبل إفراغه ، ولم يسمعها بعد إفراغه . ولكنه علق الساعة إذ ربطها بعصا ، وركن العصا على جدران الوعاء فسمعها من بعد الإفراغ سمعا يكاد يساوى سمعها قبل الإفراغ .

ونظر فيما يحتمل من مصادر الخطأ فى التجربة فاهتدى إلى مصدرين :

فإما أن يكون الهواء لم يفرغ كله من الوعاء ، وإما أن صوت الساعة ينتقل إلى العصا الصلبة التى حملتها ، ومنها ينتقل إلى جدار الوعاء وهو من زجاج صلب كذلك ، فإلى الهواء فى خارج الوعاء .

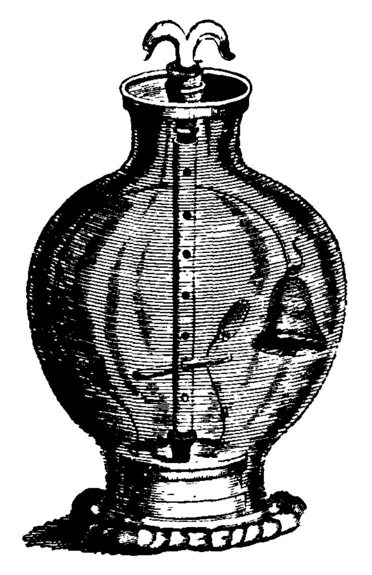
وصنع بوييل مضخته الثانية ،ولها وعاء مستقل ،« مستقبل » مستقل. وكانت خيراً من الأولى ، فأفعل من الأولى . وعلق فى المستقبل ساعة منبهة ذات جرس مسموع ، وعلقها بخيط ، ثم أفرغ المستقبل من هوائه فلما حان للجرس أن يدق لينبه ، لم يسمع له صوت . ولكن بمجرد ما أذن لبعض الهواء أن يدخل سمع صوت الجرس خافتاً . وأذن للهواء كله فصار الصوت واضحاً مسموعاً ، وكان الجرس لا يزال يدق (شكل ١٣)



(شكل ١٣)

شكل إيضاحى لجهاز التجربة التى أجريت بوضع الساعة فى فراغ . إن الساعة معلقة فى وعاء له شكل الجرس ، هو المستقبل ، ومنه أفرغ الهواء

كانت فى هذه التجارب كفاية من إقناع ،ولكن بوييل لم يكتف . وعاد إلى ظاهرة إسكات صوت الجرس بوضعه فى فراغ . وبالجهاز الذى بشكل ١٤ استطاع أن يدق جرساً أقامه معلقاً فى داخل مستقبل بسلك من المعدن محنى . وبإدارة مفتاح فى سداد المستقبل من أعلى ، حرك مدقًّا فدق به على الجرس فرن . قال بوييل : ولما أفرغنا المستقبل من هوائه إفراغاً طيباً ، خيل لنا ، وعلى الأخص لبعض القائمين حول التجربة ، أنهم فى شك مما يجدون . شكوا فى أنهم يسمعون الجرس أو لا يسمعون .



(شكل ١٤)

صورة مأخوذة من صورة محفورة فى الخشب لجهاز «بوييل» لتجربته التى دق بها جرساً وهو فى الفراغ.

فلما أدخلنا قليلا من الهواء إلى المستقبل ، ثم دققنا الجرس ، بدأنا نسمع الجرس ، ذاك الذى كنا لا نسمعه قبلا ، أو إذا نحن سمعناه فخافتا . وبإدخال الهواء أكثر فأكثر صار صوت الجرس أبين فأبين .

إن العاملين المتغيرين فى هذه التجربة هما احتمال بقاء هواء فى المستقبل من بعد إفراغ ، ثم انتقال الصوت عن طريقة دعامة صلبة تعلق الجرس أو تعلقت الساعة بها . أما عن العامل المتغير الأول ، أى بقاء هواء بعد إفراغ ، فقد عمد « بوييل » فى سبيل كشفه إلى صنع مقياس للضغط يوضع داخل المستقبل عند إفراغه ليقيس به ما بالمستقبل من هواء . ولو أن مقياساً كهذا كان عتد « بوييل » من أول الأمر إذاً لاستطاع أن يتحكم فى هذا المتغير الأول عند إجراء تجربته الأولى . وإذاً لاستطاع أن يقول لنا شيئاً كهذا : « إن الهواء عند ما أفرغ إلى ما دون درجة معلومة ، لم يسمع صوت المنبه عند ما رن أو الجرس عند ما دق ، فلما أدخل الهواء فبلغ الضغط درجة كذا ، سمع صوت قليل» . إن العامل المتغير ، إذا استطاع المرء تقديره ــ بالقياس كان ذلك أو بالوزن ــ يقلل ما يدخل بسببه إلى التجربة من غموض قلة كبرى ، ويزيد فى العادة بساطة التجربة زيادة كبرى .

أثر طريقة للعمل (technique) تُستجد :

استجد «بوييل» طريقة للبحث ، تلك مضخته . ولسنا نريد أن نترك قصة «بوييل» ، وقصة مضخته ، دون أن نخرج منهما بحكمة نافعة أخرى ، إن الذى يتصفح ما كتب فى وصف تجاربه ، وهو قد كتب كثيراً وأطال كثيراً ، لا يستطيع أن يخرج منها الا بأن « بوييل » أجرى ما أجرى من

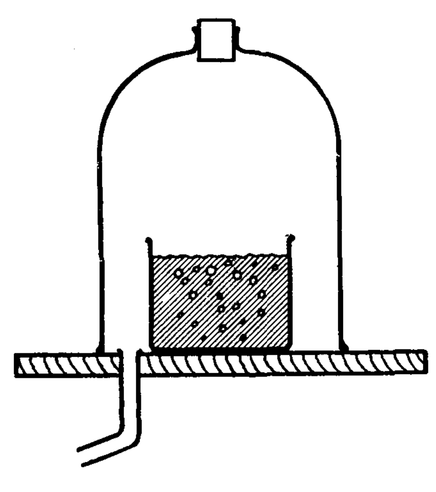
تجارب اغتباطاً وخبط عشواء . وهذا الصنف من النشاط غير المرتب قد لعب دوراً حيويًّا لا ينكر فى تاريخ الطبيعة ، تاريخ الفيزياء ، وكذلك فى تاريخ الكيمياء . إن مخترع أداة فى العلم جديدة ، كمكتشف جزيرة ليس للناس بها علم ولا بمسالكها معرفة . فهو ينزل فيها ، وكل همه أن يسارع فيغتنم كل ما ساقه حظه الجميل إلى اغتنامه منها . وكل ما يرى فيها ، وكل ما يسمع ، يراه خطيراً جديراً بالتسجيل . وهكذا كان «بوييل» فهو لم يفتأ أن يسأل نفسه : ماذا يحدث لو وضعت هذا الشيء أو ذاك فى داخل هذا الفراغ ؟ وقبل زمانه صنع رجال أكاديمية التجريب الإيطالية بفلورنسا ما صنع . كذلك صنع فن جوركه ما صنع . درسوا جميعاً ذاك الفراغ وما يجرى فيه. وأغلب الظن أن نتائجهم لم تصل إلى «بوييل» ، فكان على غير علم بها . ولكن ليس من مشغلتنا الآن أمر من سبق إلى هذا أو من تخلف . والمهم عندنا الآن هو ظاهرة هذا العالم المجرب يجرب بينهم وفى كل شيء لينتفع من أداته الجديدة بكل ما يمكن أن ينتفع به منها . فهو حيناً يمتحن صحة استنتاج خرج من نظرية كبرى كالذى تحدثنا عنه طويلا فى الباب الذى سبق هذا . وهو حيناً يهدف إلى إضافة دليل جديد إلى أدلة سبقت ، على فكرة ثبتت ثبوتاً حسناً ، كتوقف الصوت عن أن ينتقل فى فراغ . ولكنه كثيراً أيضاً ما يجرى التجربة حباً فى التجريب ، لا غيره ، والذى يخرج به منها نتائج مفرقة من العرفان تظل على تفرقها حتى يأتى الزمان الذى يضمها إلى أجزاء من العرفان أخرى تصنع وإياها وحدة فكرية متجانسة كاملة .

إننا بذكر القليل من تجارب «بوييل» قد نضرب المثل لبعض صنوف

من التجارب لا غاية لها إلا الاستطلاع ، ثم لما يكون فى نتائج تخرج منها من تفرق وتفتت . مثال ذلك أن بوييل أوضح بطريقة بارعة أن الشمعة لا تحترق فى الفراغ ، ولكن يحترق البارود . وبقيت هاتان الحقيقتان مفترقتين حتى ضمهما نظام فكرى واحد ، نظرية واحدة ، فى أواخر القرن الثامن عشر . كذلك أبت المواد التى حاول أن يحرقها أن تحترق فى فراغ ، كما أبت حيوانات صغيرة أن تعيش فى مستقبل المضخة بعد إفراغه ، ومعنى هاتين الحقيقتين أن الهواء ضرورى للحياة وللاحتراق . ولكن بقيت الحقيقتان مفترقتين إلى أن ضمهما اكتشاف الأكسجين بعد زمان طويل. فقد كان مقدراً للعقل البشرى أن يضل ، فذهب بعيداً عن الطريق السوى ، يتحدث عن مادة عجيبة تعرف بالفلوجستون (Phlogiston) ، قبل أن يدرك أنه ضل فيتحسس السبيل إلى الهدى .

ولقد هدف «بوييل» أحياناً إلى هدف يقصده بذاته . من ذلك أنه صرف كثيراً من الجهد فى تدبير طريقة بها يدير سطحين ، أحدهما فوق الآخر ، فى وعاء مفرغ من الهواء . وأدار السطحين ، ثم أسرع فأدخل الهواء إلى الوعاء المفرغ ، وفتحه فوجد السطحين ساخنين . ومن هذا استدل على أن حرارة الاحتكاك كما تتولد فى الهواء تتولد فى الفراغ . ومما هدف إليه قصدا تجربة أراد بها أن يرى ماذا يصنع الماء يوضع فى وعاء إذا أفرغ من فوقه الهواء . والظاهر أن قصده كان فى أول الأمر أن يرى هل يتمدد الماء بدرجة محسوسة إذا هو أفرغ الهواء من فوقه إفراغاً كبيراً . وبدأ يجرب . بدأ يفرغ الهواء من فوق الماء رويداً رويداً . ولكن ما أسرع ما لقى عنتاً . وذلك أن الماء العادى به هواء ذائب فيه . فإذا خُفّف الضغط

فوق هذا الماء تصاعد إلى سطحه ما ذاب فيه من هواء . وتعقدت المسألة فى نظر « بوييل ». وشك أول الأمر فى الماء، فى أمر « زنبرك » خال أنه به، أو بعبارة أخرى فى أمر أن الماء يتمدد كما يتمدد الهواء ، ولو إلى حد قليل محسوس. إن خروج الهواء من الماء على هذه الصورة يخلط الأمر على رائيه ، فيحسب أن الماء يغلى . والماء حقاً يغلى فى الفراغ لم يفرغ هواؤه كله . وكان على «بوييل» أن يصبر حتى تتحسن مضخته فوق ما تحسنت، ليعرف أن الماء ، فى درجة الحرارة العادية ، يمكن إغلاؤه إذا ما خفض ضغط الهواء فوقه إلى ما دون جزء من ثلاثين من ضغطه العادى (شكل ١٥) ومع هذا فقط ظلت هذه الحقيقة ، معناها ومغزاها ، باقية تنتظر



(شكل ١٥)

شكل إيضاحى لجهاز إغلاء الماء فى الفراغ . إنه عند ما يفرغ الهواء من الوعاء الزجاجى ، المستقبل ، يغلى الماء .

مع أشباه لها مائة عام حتى أمكن نظمها جميعاً فى نظام واحد ، أو عدة من أنظمة فكرية أساسها فكرة الضغط البخارى vapour pressure .

ما أدّاه « بوييل » من الخدمات فى الطرق التجريبية :

قضى « بوييل » جزءاً كبيراً من عمره يجرى التجارب بمضخته ، بل بمضخاته ، ومع هذافقد تكونشهرته فى الكيمياء زادت على شهرتهفى هذه ، ولكنى أخشى أنأقول إن شهرته فى الكيمياء شهرةقد بولغ فيها. وعلىكل حال فسوف نعود فنذكر كتابه الذى أسماه الكيماوى الشكاك (The Skeptical Chymist) . بنى بوييل مضخته فى طرازها الجديد الثالث فى عام ١٦٦٩ وأعانه فيها رجل فرنسى اسمه « دينيسپابين » Denis Papin[1] . وبهذه المضخة استطاع « بوييل » أن ينزل بالضغط إلى ما دون جزء من مائة جزء من الضغط الجوى ، وإلى ما دون ذلك كثيراً . ثم هو أرى الناس أنه يستطيع أن يولد فى هذا الفراغ أهوية[٢] ، بوضع قطع من شعب المرجان فى حامض داخل الفراغ مثلا (الواقع أنه بذلك حضر ثانى أكسيد الكربون أو غاز الكربونيك) . واصطنع طرقاً بارعة نقل بها هذا الهواء من وعاء إلى وعاء، وأجرى عليه تجارب . وأثبت« بوييل» كذلك أن السوائل تغلى فى درجات من الحرارة دون درجات غليانها العادية إذا قل الهواء فوق سطحها .

---

(١) بابين فيزيائى فرنسى ولد عام ١٦٤٧ ومات عام ١٧١٢ . ساعد بوييل فى تصميم مفرغته . وأسهم فى اختراع الآلة البخارية . واخترع القدر المشهورة باسمه . وفى عام ١٦٨٧ عين أستاذاً للطبيعة بجامعة ماربرج .

(٢) غازات .

إن الغريب فى تاريخ الهوائيات أن طرائق العمل هذه المستجدة لم تؤثر فى مجرى العلم كثيراً . مثال ذلك أن تقطير السوائل فى الفراغ لم يأخذ مكانه الراتب عند الكيماويين ، إلا فى القرن التاسع عشر . ومثل آخر ، إن التجريب بالغازات (تلك التى أسماها بوييل أهوية) لم يعتمدوا فيه على الأوانى المفرغة إلا فى القرن العشرين .

وتتساءل عن السر فى فوات هذا الوقت الطويل قبل أن ينتفع العالم العلمى بالذى استحدثه «بوييل» من طرائق للبحث فى الهوائيات جديدة ، فتعلم أن السبب يوجد على الأغلب فيما فى هذه الطرائق وأسلوب العمل فيها من صعوبات . فالمضخات ، كالتى بناها بوييل ، كانت فى غاية الغلاء. والعمل بالفراغ عمل ثقيل صعب ، وهو كذلك إلى اليوم . ولكنهم ابتدعوا فى نحو ذلك الزمان طريقة أكثر خشونة فى تناول الغازات ولكنها أبسط ، وأبسط كثيراً ، وتقبلها كل الناس تقريباً ، لبساطتها . تلك طريقة الحوض الهوائى (pneumatic trough) ، وعنه سوف نقول الكثير عند ما نتحدث فى الثورة الكيماوية . وبقى «بوييل» لا يحتذى أسلوب عمله ، ولا تقتبس فى تناول الغازات ومعالجتها طرائقه ، حتى تقدم نفخ الزجاج وفن العمل بالمعادن تقدماً كبيراً ، وحتى تحسنت صناعة المضخات الهوائية عما كانت ، فاذا هى أفرغت أكملت إفراغاً . وكذلك حتى رخصت أثمانها . حدث فى النصف الثانى من القرن التاسع عشر أن اخترع المصباح الكهربى ، واحتاجت زجاجته إلى تفريغ ، فحث هذا المخترعين على اختراع مضخة تفرغ إلى ما دون جزء من بضع مئات من الأجزاء من الضغط الهوائى . واليوم لدينا مضخات تفرغ حتى الأوعية

الكبيرة إلى ما دون جزء من مليون من الضغط الجوى ، ودون ذلك كثيراً . لقد تسهل أمر المضخات اليوم ، وأمر الإفراغ ، فصار أمره شيئاً عادياً ، ولولا هذا لما أمكن صنع أنابيب الأشعة السينية ، ولا أنابيب اللاسلكى ، ولا بناء السيكلوترونات (cyclotrones)[1] ولا كثير من الأجهزة الطبيعية ولا الكيماوية التى هى اليوم بعض بضاعة العاماء السهلة القريبة . فعمل « بوييل» ومجهوده الشاق لم يضع عبثًا . لقد أثمر ولو تأخر إثماره وتأخر طويلا .

ثم كلمة قبل أن نختم الحديث عن«بوييل» وعن مضخاته . تلك أن دينيس پاپين(Denis Papin)، مساعد «بوييل» ، اشتهر اسمه شهرة لا بأس بها بأنه مخترع حلة « پاپين» . وما هذه إلا وعاء الطبخ ببخار الماء تحت الضغط الذى شاع استعماله عند بعض الناس فى هذه الأيام . والطريقة التى ابتدعت بها هذه الحلة حدسها سهل يسير . لقد درس«بوييل» وپاپين كيف تتطبع وتتخاق الأشياء فى الفراغ . ومن هذه الأشياء كان العنب وبعض من سائر المأكولات . ولكنهما كذلك درسا تطبعها وتخلقها فى الهواء وهو مضغوط . وعن هذا الطريق جاء إلى علمهما أثر الضغط فى درجة غليان الماء ، وأنه يزيدها كاما زاد . والغريب فى أمر هذه الحلة ، أنه على رغم من ذكرها فى كتب العلم ذكراً متصلا ، تخلله بعض إغفال ، بقيت لا تصنع كى ينتفع بها وتستخدم فى المطابخ إلا

---

(١) السيكلوترون هو جهاز هدفه إعطاء الأجزاء المتكهربة المتناهية الصغر سرعة متناهية الكبر تدخل بها إلى ذرات العناصر فتحولها . وهو من الأجهزة الخطيرة الكبيرة التى تبنى فتتكلف الألوف ، وكان لها آثار معروفة فى بحوث الذرة الحديثة .

منذ سنوات قليلة . وهى اليوم جزء من أداة المطبخ تقدره ربة البيت أى تقدير . وهى قد استخدمت أيام ابتدعت فى الطبخ أيضاً . فقد ذكر «چون أڤلين» (John Evelyn)[١] فى مذكراته الشهيرة ، بتاريخ ١٥ إبريل عام ١٦٨٢ ، أن أعضاء الجمعية الملكية (Royal Society) تعشوا عشاء طبخ فى حلة «پاپين» ، وقال : « إن هذا العشاء الفلسفى أشاع المرح بين الأعضاء وسرهم سروراً لا مزيد عليه» .

الدور الذى لعبته المصادفات

إن العلم يصوّر أحياناً كأنه عمل رجال من أهل الرياضيات جبابرة ، يجلسون فيحسبون و يضربون ، و يبنون الفروض العارمة ، و يشيدون النظريات سامقة ضخمة . وأحياناً هو يصور كأنه عمل جاء الناس عفواً ، ووقعت حقائقه بين أيدى الناس مصادفة . ونتيجة لهذا يقف القارئ فى الكثير من الأحوال حائراً ينظر لا يدرى ما حقيقة الدور الذى تلعبه المصادفات ، أو ما يتراءى أنه المصادفات ، فى تقدم العلم . وهذا يصدق على الأخص فيما ينشأ من طرائق للعمل جديدة ، أو فيما يخرج من التجربة من صور فكرية مستحدثة . و إنى أقترح لإيضاح هذا درس تاريخ ما صنع جلڤانى (Galvani) وڤلتا (Volta) فى التيار الكهربى . فهذه الدراسة تكشف لنا عن أن الملاحظة التى تأتى مصادفة قد تؤدى إلى إجراء سلسلة من التجارب

---

(١) كاتب إنجليزى (١٦٢٠ إلى ١٧٠٦) . أهم مؤلفاته تلك المذكرات وهى سجل ممتع لحوادث ذلك الجيل .

حسنة التدبير والترتيب تؤدى بدورها الى طريقة فى العمل جديدة — إلى صيغة جديدة — أو إلى تصور ذهنى جديد ، أو إلى كليهما . وهذه الدراسة تكشف لنا أيضاً كيف أنه فى البحث فى ظاهرة جديدة ، قد ترسم التجارب وتدبر فى غيبة فرض أو نظرية تعين على رسمها وتدبيرها وكل ما يدفع المجرب إلى تجربته أمل فى أن تفسيراً للظاهرة لا بد ناتج من هذه التجارب قريباً . وعندئذ فقط يصاغ الفرض أو تصاغ النظرية . وهذا الفرض ، وهذه النظرية ، قد يكونان عامين يشملان الكثير من الظواهر فى كثير من الحقول ، وقد يكونان خاصين لا يتعلقان بغير الظاهرة التى عناها المجرب بتجربته . وهذا التصور الفكرى المصوغ ، أو هذا الفرض أو النظرية المصوغة ، تؤدى على الأرجح الى كشوف جديدة يكون من شأنها تثبيت هذه التصورات الفكرية على أنواعها ، أو تعديلها أو اطراحها اطراحاً كاملا .

كشوف جلفانى :

تبدأ هذه القصة بملاحظة لاحظها «لويجى جلفانى» (Luigi Galvani)[1] وهو طبيب إيطالى وأستاذ بجامعة بولونيا ، قبيل عام ١٧٨٦ . كان يشرح ضفدعاً . وكان إلى جواره جهاز للكهربة الإستاتيكية تستمد منه شرارات كهربائية . ومس الأستاذ أعصاب الفخذ من الضفدع بمشرط

(١) هو جلفانى الطبيب والفسيولوجى الإيطالى ، ولد فى بولونيا عام ١٧٣٧ ومات عام ١٧٩٨ . عين أستاذاً للتشريح فى جامعة بولونيا عام ١٧٦٢ . واشتهر بالتشريح المقارن ، ولكن شهرته ترتكز أكثر على نظريته فى الكهربائية الحيوانية ، وعلى رسالته فيها التى نشرت عام ١٧٩١ .

معدنى فانتفضت الفخذ بغتة . ووقف الأستاذ عند هذا الحدث يتأمله ، وأعاده وكرره ، ولم يأذن له بأن يفوت . وتابعه . وهذه هى أخطر ساعة فى القصة . إن تاريخ العلم ملىء بمثل هذا الحدث ، والنتائج التى ترتبت على التنبه له والوقوف عنده ، أو فواته ، كانت عظيمة وخطيرة . والباحث فى هذا الأمر مثل قائد الجيش الذى تحين له فرصة من عدوه فينتهزها ، أو لا ينتهزها . غلطة يغلطها العدو ، أو فرجة تظهر فى الميدان . قال بستور ذات مرة : « إن الفرص لا ينتفع بها إلا المتيقظ لها » . وليس أدل على صحة هذا القول مما نحن بصدده . إنه قبل « جلڤانى » اهتدى العالم الفيزيائى الهولندى سڤامردام (Swammerdam) إلى مثل ما اهتدى إليه جلڤانى . كشف عن عضلة الضفدع كما فعل جلڤانى ، وأمسك بوترها بيد ، ومس عصبها بمشرط باليد الأخرى ، فتقلصت العضلة كما فعلت بين يدى جلڤانى . ولكن هذا العالم الهولندى لم يتابع ما وجد من ذلك . وهذا فرق ما بين الرجلين ، وإنه لعظيم . قال جلفانى يصف ما حدث : « كنت قد فرغت من تشريح ضفدع . . . وبينا أنا أنصرف إلى شىء آخر ، وضعت الضفدع على منضدة عليها مكنة كهربائية على بعض بعد منها . . وحدث أن رجلا ممن كانوا معنا مس عصب الفخذ من الضفدع بسن مشرطه ، فتقلص كل ما بها من عضل ، أو هذا ما ظهر لنا . وعادت تتقلص بالمس ثم عادت... وقال أحد الرجال ، ممن كانوا قائمين بالمعونة فى البحث الكهربائى القائم ، إنه حسب أن هذا التقلص حدث كلما أحدثت المكنة الكهربائية شرراً . قال هذا وانصرف عنه يفكر عميقاً فيما كان فيه . ولكن قلبى امتلأ برغبة جامحة فى إحداث هذه

الظاهرة مرة فمرة ، والكشف عما اختبأ وراءها » .

ولم ينجح جلڤانى فى الكشف عن كل ما اختبأ وراء هذه الظاهرة ، ولكنه جرى فى هذا الكشف شوطاً غير قصير جعل ما تلاه من كشوف أمراً مقضيًّا . وأجرى تجارب حسنة التدبير والتخطيط حاول بها أن يكشف ما فى الظاهرة من « عوامل متغيرة » . ولكن لم يكن عنده فرض أو نظرية بينة المعالم يعمل فى نورها . وهذا ما يقع لرجل بارع فى التجريب عند ما يلقى على غير انتظار ظاهرة لم تكن تخطر قط فى بال . إنه يلقى الظاهرة فيريد بحثها ، فتظهر فى فكره توًّا عدة من احتمالات ، فيروح يمتحن صحتها . وهو إما يطرحها ، وإما يضمها إلى أمثالها ، ومنها ومن أمثالها يؤلف مشروعاً تصوريًّا ، نظرية ، تأخذ تزيد وتزيد . وعلى مثل ما جرى جلڤانى. اتجه أولا إلى الشرر الكهربائى يريد أن يعرف علاقته بتقلص العضل . وهل هذا الشرر ضرورى لهذا التقلص . والذى وجد من ذلك عبر عنه فى قوله: « وتقلصت العضلات تقلصاً قوياً كلما حدث شرر. ولم يحدث قط أن شرراً حدث ولم يحدث فى العضلات تقلص». إن العضلات برجل الضفدع ، وأعصابها ، ألفت جهازاً حاضراً به نكشف شحنة الكهرباء كلما وقعت . ووجد جلڤانى أن شرط التقلص لا يتوقف على حدوث الشرر وحده ، وإنه لا بد كذلك من وجود المشرط فى يد صاحب التجربة ، وأن تمس يده معدن المشرط مسًّا . وبهذا ، إذا حدثت الشرارة الكهربائية ، فإن آثارها تنال جسم صاحب التجربة ، ومن جسمه تنتقل إلى المشرط ، فإلى العصب . وإلى هنا لم يقل الطبيب الطليانى إلا حقاً . ثم حدث حدثٌ من تلك الأحداث غير المتوقعة التى يكون منها بلبلة

الباحث العلمى أولاً ، ثم هى تتكشف أخيراً عن خير عظيم . حدث أن جلڤانى وجد أن عضلة الضفدع ، كما تكشف عن الكهرباء ، تكون هى أيضاً مصدرا للكهرباء . وإذ تصير مصدراً ، تحرك العضلة فتكشف عما بها هى من كهرباء . فأى باحث لا يتعمى عليه الأمر فيقف حائراً أمام هذا . وزاد فى الحيرة أن الأسباب التى جعلت من عضلة الضفدع مصدرا للكهرباء كانت عند ذلك مجهولة ، وصلة العضلة بأى ظاهرة من ظواهر الكهرباء كانت مقطوعة . كان العامل المتغير فى حدوث هذه الظاهرة التى كشفها جلڤانى ، وعُنى بتسجيلها ، هو نوع المعدن ، بل المعادن التى مس بها عضلة الضفدع . اكتشف جلڤانى أنه لا ضرورة لإحداث الشرر الكهربائى فى جهازه إذا ما مس رجل الضفدع معدن ، مس العصب غيره . فعند اختلاف المعدنين يحدث التقلص . وأجرى جلڤانى التجربة فى العادة هكذا : جاء بقضيب من المعدن فلواه ، ومس بأحد طرفيه خطافاً أدخله إلى النخاع الشوكى للضفدع ، ومس بالطرف الآخر من القضيب عضل الرجل أو قدم الضفدعة . ومس الاثنين معاً . قال جلڤانى يصف ما حدث : « فعند ما كان القضيب كله من حديد أو الخطاف من حديد . لم تحدث التقلصات العضلية ، أو تحدث صغيرة ضعيفة جدًّا . أما إن كان القضيب والخطاف ، أحدهما من حديد والآخر من نحاس أصفر ، حدثت التقلصات كبيرة قوية وزاد تكررها وطال . فإذا أحللنا الفضة محل النحاس ، زادت التقلصات قوة وزادت مدة — إن الفضة هى عندنا خير فلز يوصل الكهرباء الحيوانية » .

إن جلڤانى ، بكشفه هذا ، قد اكتشف البطارية الكهربائية وهو

لا يدرى . إن معدنية ، أو إن شئت فلزية ، الحديد والنحاس ، أو الحديد الفضة ، تفصلهما الأغشية الحيوانية البليلة الرطبة ، بطارية لا شك فيها . ورجل الضفدع كاشفتها . وكل قارئ يستطيع أن يجرى بنفسه تجربة كالتى أجراها جلڤانى يستطيع أن يأتى بقطعتين من عملة ، إحداهما من نحاس والأخرى من فضة . فإذا هو وضع إحدى القطعتين فوق لسانه ، ووضع الأخرى تحت لسانه ، ومس القطعتين إحداهما بالأخرى ، أحس بطعم غريب فى لسانه . وما هذا الطعم الغريب إلا تيار صغير من الكهرباء ، دل عليه اللسان ، أى كشفه . وكشفه بسلسلة من التفاعلات من كهربائية وعصبية ، كالتى جرت فى ضفدع جلڤانى وتجربته .

لم يكن جلڤانى يعلم عند ذاك كل هذا الذى نقوله نحن اليوم . لهذا أخذ يتصور نظاماً يفسر به هذه الظاهرة . فرضاً ذهنياً يتصور به ما جرى أو يجرى من أمثال هذه الظواهر . وكان عماده فى تصوره هذا ما كان يعرف فى زمانه عن الكهرباء . ولم يكن يعرف عند ذاك إلا الكهرباء الإستاتيكية التى تتولد شرراً من آ لة تتحرك . ولما اهتدى عفوا ، إلى أن ما تحدثه الآلات الإستاتيكية من اضطرابات كهربائية فى الجو (وذلك عن استخدامه على غير قصد معدنين بينهما الاختلاف الواجب) لا ضرورة لها للتقلص ، قال : « ان النتائج تؤدى بنا إلى أن نفرض أن الكهرباء موجودة فى الحيوان نفسه » .

إن جلڤانى تابع ما كشفت له المصادفة من ظاهرة خطيرة . تابعها بتجارب محكمة مختارة ليحققها . وسجل كل ما وجد من ذلك . فإلى هذا الحد هو نجح . ولكن قدر لغيره بعد ذلك أن يتم ما به بدأ .

وكان غيره هذا هو « ڤلتا » (Volta) ، ذلك الرجل الذى تابع دراسة إحداث الكهرباء من فلزين مختلفين ، فأدى به بحثه إلى اكتشاف البطارية الكهربائية مصدراً لهذا النوع من الكهرباء الذى نسميه أحياناً بالكهرباء الجلڤانية . كان هذا فى أواخر العقد الأخير من القرن الثامن عشر ، أى العقد الذى يبدأ بعام ١٧٩٠ وينتهى بعام ١٨٠٠ .

اختراع ڤلتا البطارية الكهربائية :

هو ألساندرو ڤلتا[١] (Alessandro Volta) الإيطالى ، من پادوا . كان اخترع قبل ذلك أداة يكشف بها الشحنات الصغيرة من الكهرباء . وبدأ بأن اتفق فى الرأى مع جلڤانى فيما يختص بالكهرباء الحيوانية ، ثم أخذ يدرسها . واستعان بالأداة الكاشفة التى اخترعها ، وهى إلكترومتر المكثف الحساس ، ودار يجمع بين « عوامل متغيرة » ينتخبها ، يجرى فى ظلها ما كان جلڤانى سبق قديماً إلى إجرائه ، ثم ينظر ما الأثر . ووجد أخيراً أن الضفدع ذاته يمكن الاستغناء عنه بأى مادة بليلة ندية . كشف جديد لا شك فى هذا . وهو قد يعد من باب المصادفات . وإن صح أنه من باب المصادفات ، فهذه مصادفة من مرتبة غير تلك التى أتيحت لجلڤانى . أن البحث بالاستعانة بأداة جديدة ، أو صنعة (technique) جديدة ، أى أسلوب للعمل جديد ، هذا

---

(١) عالم الفيزياء ، والإيطالى ، ولد فى كومو عام ١٧٤٥ ومات بها عام ١٨٢٧ . بنى مجده على ما ابتدع فى الكهرباء من أداة ، منها الالكترسكوب وعمود ڤلتا . وكان أستاذ الطبيعة فى كومو ثم فى بادوا .

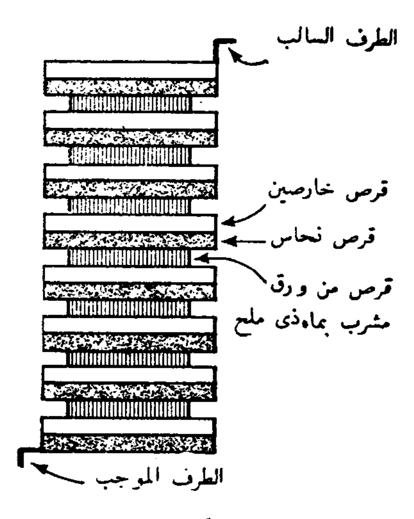
البحث ، لو جرى فى شيء من الترتيب والنظام ، فهو لا بد مؤد إلى كشف حقائق غير منتظرة . والكثرة الكبرى من هذا الحقائق قد تعد من أجل ذلك أنها جاءت من باب المصادفة ، بمعنى . ولكن الفرق بين أمثال هذه الكشوف ، والكشف الذى كشفه « جلفانى» ، فرق واضح . إن جلفانى كان طبيباً ، وكان رجل تشريح ، فهمه الأول كان فى العضلات وعملها ، لا فى الكهرباء . وكان من المصادفة البحتة صلة ما يصنع من تشريح بآلة للكهرباء وجدت مصادفة بجوار موضع يعمل فيه . ومع هذا ففضل جلفانى ، لهذه السبب نفسه ، فضل كبير . ذلك بأنه تابع ظاهرة جاءت بها مصادفة سعيدة ، وتابعها وهى فى حقل غير حقل يعمل فيه ، ويبعد عنه بعداً كبيراً .

إن اكتشاف ڤلتا ما هو إلا اكتشاف البطارية الكهربائية . ذلك أنه أثبت أن الكهرباء تتولد من فلزين مختلفين يفصل بينهما ماء به ملح ، أوماء مستخلص من رماد . وصنع هذا أيسر صُنع بالورق يبلله بهذا الماء. كتب ڤلتا إلى رئيس الجمعية الملكية بلندن عام ١٨٠٠ يقول : إن أداتى الجديدة تتكون من ٣٠ أو ٤٠ أو ٥٠ أو أكثر من ذلك من قطع من النحاس ، أو الأفضل من الفضة ، وكل منها يمس قطعة من القصدير أو الزنك ، وهو أفضل ، ومن عدد مثلها من طبقات من ماء ، أو من سائل آخر أكثر توصيلا من الماء النقى ، كالماء الملح أو ماء الرماد وما إلى ذلك ، أو من قطع من الورق المقوى أو الجلد أو غير ذلك بعد أن تكون قد أشربت جيداً بهذا الماء (شكل ١٦) . . . فسلسلة متعاقبة من هذه الأنواع الثلاثة من الموصلات ، موصولة دائماً بنفس الترتيب تؤلف أداتى

هذه الجديدة ... وهى فيما تحدثه تشبه « جرة لَيدن » (Leyden jar) .

كانت هذه البطارية الجديدة مصدراً لكهرباء تختلف عن الكهرباء التى كان يولدها مولد الكهرباء الإستاتيكية ، وكان معروفاً فى عام ١٨٠٠ . كانت هذه البطارية أول مصدر للتيار الكهربائى المتصل . بينما ما ولده مولد الكهرباء الإستاتيكية بالاحتكاك إنما كان دفعات قصيرة من تيار .

وقام نقاش حار بين ڤلتا وأتباع جلڤانى . فجلڤانى مات عام ١٧٩٨ وكان الجدل حول الكهرباء الحيوانية . ألها وجود ؟ وحول السبب الذى حدا برجل الضفدع فى التجارب الأولى أن تتقلص . ولكن ما أسرع أن قل هم ڤلتا بهذا الجدل ، وانصرف الى دراسة بطاريته الجديدة . إننا اليوم عندنا مشروع تصورى ، أى نظرية ، تفسر لنا كل الحقائق التى



(شكل ١٦)

رسم إيضاحى لبطارية ، أو عمود ، من أعمدة ڤلتا .

نعلمها عن البطاريات الكهربائية . وهى نظرية راضية مرضية . ولكن غير تلك الحال فيما يختص بالذى نعرف من حقائق العضل والأعصاب والتيارات الكهربائية فى الأنسجة الحيوانية . فى هذا الحقل لا يزال فرض يجىء وفرض يذهب ، ولا تزال التجارب يتلو بعضها بعضاً فتلقى أضواء جديدة على حقائق قديمة فتزيدنا بها فهماً. ولهذا قد نقول إننا لم نفرغ إلى اليوم من تجربة «جلڤانى» الأولى، ولو أننا فرغنا من كشف ڤلتا ، وقد جاء بعدها . إن النقاش القديم الذى قام حول وجود شىء يسمى كهرباء حيوانية أصبح اليوم نقاشاً لا معنى له ، وليس منه جدوى . ولكن كانت منه جدوى أى جدوى فى ذلك الزمان الخالى ، فى سبيل حل هذه المشكلة اخترع ڤلتا البطارية الكهربائية . وهذه كثيراً ما تكون شيمة التاريخ ، وكثيراً ما هكذا يجرى : يبدأ الباحثون بمسألة ، وفى سبيل حلها ، ينتهون بحل مسألة آخرى .

اكتشاف الأشعة السينية :

وهذا حدث آخر ، حدث فى القرن التاسع عشر ، يرينا كيف يلاحظ الباحث شيئاً ما ، فيتابعه بتجارب أحكمت خطتها ، فتؤدى به إلى اكتشاف جديد . والاكتشاف الذى نحن بصدده هو اكتشاف الأشعة السينية ، أو أشعة «رنتجن» (Roentgen)[١] . والقصة يعرفها رجال العلم

(١) هو فلهلم كونراد رنتجن ، الفيزيائى الألمانى ، مخترع أشعة إكس ، أوس . تقلب فى عدة مناصب للأستاذية فى ألمانيا . ونال ميدالية الجمعية الملكية بلندن عام ١٨٩٦ وجائزة نوبل عام ١٩٠١ . ولد عام ١٨٤٥ ومات عام ١٩٢٣ .

جميعاً . ولكن الذى قد لا يعلمونه جميعاً أنه قبل رنتجن ، قبل أن يعلن اكتشافه ، كان عدة من البحاث قد لاحظوا تغبش اللوح الفوتوغرافى إذا أفرغت بالقرب منه شحنة من كهرباء . وتابع رنتجن ما لاحظ ، ولم يتابعوا .

ولكن المفتاح الذى فتح لرنتجن الباب أول مرة لم يعثر عليه فى الطريق فى مصادفة سعيدة . ذلك أنه كان إذ ذاك يدرس تيار الإلكترونات (وكان عندئذ يسمى بالأشعة الكاثودية أو أشعة المهبط) التى كانت تمر عبر شباك رقيق فى أنبوبة إفراغ كهربائى . وكان يعلم أن هذه الأشعة قادرة على فلورة[1] بعض الأجسام . فقام إلى ستار حاجز فدهنه بجسم من هذه الأجسام فوجد أنه يتفلور (Fluoresces) ، تُفلْورُه هذه الأشعة ولو كان بعيداً عن أنبوبة تفريغها . وتابع هذه التجربة فما أسرع ما أثبت أن الذى يحدث هذا التفلور بهذه الأجسام إنما هى أشعة ما ، تنفذ ، لا فى الزجاج وحده ، ولكن كذلك فى أجسام معتمة أخرى . ومن هنا بدأ يستخرج طرقاً أحسن من طرقه الأولى لإنتاج هذه الأشعة ، وبهذا أدخل إلى العلم وسيلة من وسائل العمل ضخمة كبرى .

اكتشاف الغازات النادرة :

أتذكر أنك قد تسير مستقيما فى طريق ، لا تريد أن تحيد عنه ،

---

(١) الفلورة أن تضىء الأجسام بغير سبب ظاهر . والسبب منه الطبيعى ومنه الكيماوى . ومن الطبيعى أن يمتص الجسم أشعة ثم يعيدها أشعة مضيئة . ومن الكيماوى ما يظهر فى بعض البحار من فلورة سببها كائنات حية فى البحر ، يخرج من تفاعلات كيماوية بها باردة ، ضوء يلمع فى الظلام .

فإذا بك تبلغ ركناً فيه ، فتنتظر يميناً ، فترى ما لم تكن تتوقع أن ترى ، وترى شيئاً عظيما يغريك بترك طريقك الأول والسير فى هذا الطريق المعجب الجديد .

فهذا بالضبط هو الطريق الذى اكتشف به الغازات النادرة مكتشفوها .

إن العرض العلمى الذى نحن فيه ، بحسبانه عرضاً منطقيًّا ، كان يقضى علينا بأن نؤجل موضوع الغازات النادرة بعد الانتهاء من كل ما نورد من أمر التجريب الكمى ، وبعد معالجة شىء من الظواهر الكيماوية . ولكن بما أن موضوع الغازات هذا يمثل طرازاً من طرز البحوث التى نحن بصددها ، رأيت أن أتناول هذا الموضوع هنا ، فى صورة مختصرة غاية الاختصار ، وأن أجعله ختام هذا الباب .

وسوف نبدأ بذكر متاعب لقيها عالم فى الطبيعة ، أو الفيزياء ، وننتهى بكشف كيماوى .

أما عالم الطبيعة فهو اللورد « رالى » Rayleigh[(١)] ، وكان قد قضى من عمره اثنتى عشرة سنة فى تجريب مستمر شاق هدفه تعيين الكثافة النسبية للعناصر الغازية . وهو عمل أشق مما يدل عليه لفظه ، وأشق كثيراً . فلقد أراد « رالى » أن تكون نتائجه صحيحة ، الخطأ فيها يقل عن جزء من كل عشرة آلاف جزء ، وهذا دعاه الى اتخاذ احتياطات

---

(١) هو الفيزيائى الإنجليزى ، ولد عام ١٨٤٢ ومات عام ١٩١٩ . تعلم فى كمبردج وورث اللقب عن أبيه عام ١٨٧٣ . كان أستاذاً للفيزياء التجريبية فى كمبردج من عام ١٨٧٩ إلى عام ١٨٨٤ ثم انتقل إلى لندن أستاذاً بها . واشترك مع وليم رمزى فى كشف الأرجون . نال جائزة نوبل فى الفيزياء لعام ١٩٠٤ .

جسيمة ، بعضها كيماوى وبعضها طبيعى . ولا تسأل ما اهتمام هذا العالم فى النصف الثانى من القرن التاسع عشر بتقدير الكثافات النسبية للعناصر الغازية ، فهذه قصة ليس لها هنا موضع . ويكفى للغرض الذى نحن نقصده أن نتركز على مجموعة الحوادث التى أدت بهذا الرجل إلى القيام بالذى قام به من مجهد الأعمال .

فى عام ١٨٩٢ كتب « رالى » كلمة نشرتها المجلة الأسبوعية المعروفة «ناتشر» Nature ، أى الطبيعة . وفيها قال إنه « واقف حيران أمام نتائج حديثة لكثافة الأزوت » ، وذكر أنه يشكر « أى قارئ كيماوى من قراء مجلتكم يستطيع أن يدلى لى بآراء تخرجنى من هذه الحيرة » .

إن الهواء يتألف من الأزوت ، والأكسجين ، والأرجون ، وهنات قليلة من غازات أخرى . هذا ما نعرفه عن الهواء اليوم . أما فى عام ١٨٩٠ فكان المعروف أن الهواء يتألف من أزوت وأكسجين ، ولا غير هذا . فظن « رالى » طبعاً أنه يستطيع أن يحضر الأزوت ، أى النتروجين ، بإخراج الأكسجين من الهواء . والذى حيره كان هذا : وجد أن الأزوت الذى حضره نقياً بطريقة خاصة ، أثقل قليلا ، مقارناً حجماً بحجم ، من الأزوت الذى حضره نقياً من الهواء بإخراج الأكسجين منه . إن الفرق بين الكثافتين لم يكن إلا جزءاً من ألف ، ولكنه بتكرار التحضير فالتقدير ظل هذا الفرق باقياً ثابتاً . وكان « رالى » قد بلغ بطريقته فى تعيين الكثافة حدّاً جعله يحصل على نتائج يجريها على الأزوت ، يحضره من مصدر واحد ، لا تختلف فيما بينها إلا بمقدار جزء من عشرة آلاف . فالفرق الثابت فى كثافة الأزوتين ، يحضر أحدهما من الهواء ، ويحضر

الآخر من غير الهواء ، كان عشرة أمثال الخطأ الذى يخرج بهذا التقدير الدقيق . وبقى السؤال حائراً : ما سبب هذا الفرق ، وما سبب ثباته فهو لا يتغير ؟

إنه سؤال محير ، ما كان أسهل على « رالى » أن يسكت عن جوابه . ولكنه لم يفعل ، إنه وقع على أمر فلا بد له أن يتابعه حتى يجد له تفسيراً . وننظر ماذا صنع بعد ذلك فنجده بعد سنتين قد نشر فى محاضر الجمعية الملكية (Proceedings of the Royal Society) قولا يعلن فيه أن حيرته الأولى لم تنقشع ، وأن الأمر زاد خبالا . عرفت رجلا باحثاً قديراً محنكاً كان يحب دائماً أن يقول وهو بصدد مسألة يحلها « إن الأمور لا بد أن تتعقد قبل أن تنبسط » ، وكانت الأمور تجرى دائماً حسب قوله[1]. ذلك لأن الأزوت الذى حضر من الهواء ظهر فى الواقع أنه أثقل من الأزوت الذى يحضر من أحد مركباته ، كالنشادر مثلا ، بنحو جزء من مائتى جزء ؛ إذن فهو أثقل مما زعم « رالى » أولا . والسبب فى قلة هذا الثقل الأول أن « رالى » كان حضر الأزوت عندئذ حقاً من الهواء ، ولكنه استخدم فى ذلك النشادر لإخراج الأكسجين من الهواء ، فالأزوت الناتج كان بعضه من النشادر و بعضه من الهواء .

وبلغ الموقف حد الفضيحة العلمية . لقد كان القرن التاسع عشر آخذاً فى الانتهاء ، وكانت دعوى العلماء عندئذ أنهم عرفوا كل شىء عن

---

(١) قال الشاعر العربى :

اشتدى أزمة تنفرجى قد آذن ليلك بالبلج

فكما فى العلم فكذلك فى الحياة ، وكما عند الغربى فكذلك عند الشرقى .

العناصر ، وأكيداً عرفوا كل شيء عن الهواء ، هذا العادى الذى يستنشقونه كل يوم — فكرة العناصر المتماكنة (isotopes) لم تكن جاءت ، وهى أهلّت بعد ذلك بعشرين سنة — . ومع هذا فذاك عنصر من عناصر الهواء ، يحضر بطريقة فيعطى شيئًا ، ثم يحضر بطريقة أخرى فيعطى شيئاً غيره ؛ وكيف لا يكونان شيئين متغايرين وكثافتاهما مختلفتان . وبذلك بلغ الباحث ركن الطريق ، أو هو دار حوله . بدأ « رالى » بملاحظة يسيرة ، أو هى تتراءى يسيرة ، فإذا بها تتعسر ، وإذا بها مشكلة تقف عند باب كل كيماوى تسأله الحل . ولم يبق إلا عامل الزمن ، يفوت فيكون للمشكلة حل ، ويكون للسؤال جواب . وكان الجواب سهلا : إن الأزوت الذى حضر من الهواء بإخراج الأكسجين منه لم يكن أزوتاً خالصاً . كان مع الأزوت الأرجون بمقدار غير قليل . وهو أثقل من الأزوت . وكانت معه هنَات من غازات نادرة أخرى . والطريقة التى أخرجت الأكسجين ما كانت لتخرج شيئاً من هذه الغازات .

وخجل الكيماويون عند ما اضطروا فى أوائل هذا القرن ، القرن العشرين ، أن يعترفوا بأنهم قد فاتهم مدة قرن كامل أن يتبينوا أن بالهواء الذى نستنشقه كل يوم ، عناصر غازية أخرى ، غير الأكسجين والأزوت ، تبلغ نحو نصف فى المائة من مقداره . ولكن قلل من خجلهم أن كيماوياً منهم شارك فى الكشف عن هذه الغازات . أما الكيماوى فكان السير « وليم رمزى » (Sir William Ramsay) . وبدأ يشتغل فى هذا الأمر وحده ، ثم شارك « رالى » فيما هو فيه . وبدأ الرجلان يفصلان العناصر النادرة فى الهواء ، وأغلبها الأرجون ، وذلك بإخراج الأكسجين والأزوت

كليهما من الهواء . واستخدم « رمزى » طريقة اعتمدت على اتحاد الأزوت بالمغنسيوم . وهذه طريقة ما كانت ميسرة قبل بضع عشرة من السنين ، لأن المغنسيوم لم يتيسر إلا فى أواخر القرن التاسع عشر . ولكن « رالى » عمد إلى طريقة أخرى. ذكر ما كان «هنرى كافندش» (Henry Cavendish) أعلنه عام ١٧٨٠ ، ذلك نجاحه فى الجمع بين الأكسجين والأزوت — ونحن هنا نستخدم ألفاظاً حديثة — فى مركب واحد بإمرار شرارة كهربائية فى خليط منهما ، ووجد كافندش أن المركب المتكون يذوب فى الماء ، فوجد « رالى » فى هذه الطريقة وسيلة يعلم بها أن كان الأزوت الذى فى الهواء الجوى متجانساً — وهنا أيضاً نستخدم لفظاً حديثاً — . وأجرى التجربة كما اعتزم ، وخرج بنتيجة يقول فيها إن كان فى الأزوت الجوى جزء يختلف عن سائر هذا الأزوت « فلنا أن نقول إن مقدار هذا الجزء لا يزيد على جزء من ١٢٠ جزءاً من الأزوت كله » . ولم يكن هذا المقدار ظناً . فكافندش حصل من الهواء على بقية من غاز لم يمتصها الماء . كانت فقاعة تبلغ نحو جزء من مائة من الأزوت . وما كانت هذه الفقاعة إلا من أرجون .

اهتدى كافندش إلى ما اهتدى ، ولم يلتفت أحد إلى ما صنع ، ولم يتابع أحد ما صنع . ولا بد أن مئات من الكيماويين قرأوا ما صنع كافندش على السنين ، وكلهم فوتوا على أنفسهم شرف هذا الكشف الجديد . والأرجح أنهم حسبوا أن هذه الفقاعة الأخيرة أزوت لم يستطع كافندش أن يستهلكه فيما استهلك من أزوت .

وأعاد « رالى » تجربة كافندش ، وبهذا فصل الأرجون . وظهر أن

هذا الغاز الجديد – الجديد على العالم العلمي – ، سواء فصل من الهواء بطريقة « رمزى » ، أو بالطريقة الأخرى التى هى لرالى وكافندش معاً ، ظهر أن له خواص لم يتعودها الكيماويون . وقد غير اكتشافه ، واكتشاف زملائه من غازات الهواء النادرة ، آراء الكيماويين فى كثير من مسائل فى العلم أساسية جوهرية . واختصاراً كان هذا الكشف فى المرتبة الأولى بين الكشوف العلمية لأنه فتح أبواباً للبحث جديدة كثيرة ، منها التجريبى ومنها النظرى . والحق أن كثيراً من هذه الأبواب ما كان يمكن طرقه ، فدخوله قبل هذا الزمان بخمسة وعشرين عاماً أو خمسين عاماً . والحق كذلك أن وسيلتين من وسائل البحث ، أن جهازين من الأجهزة ، أديا خدمات جليلة فى بحث الأرجون وما معه من غازات فى الهواء نادرة – ذلكما أنبوبة التفريغ الكهربائى ، والإسبكتروسكوب [١] أو المطياف – ما كانا ليتيسرا لأحد من البحاث يقوم مثلا فى عام ١٨١٠ ببحث الفقاعة التى تخلفت من هواء « كافندش » قبل ذلك بثلاثين عاماً .

ومع هذا فالذى يخيل إلينا أن هذا الكشف ، كشف الغازات النادرة فى الهواء ، تأخر عن زمانه طويلا تأخر فوق ما يجب . إنى سوف أذكر

---

(١) أنبوبة التفريغ الكهربائى هى أنبوبة مستطيلة ، كالباذنجانة أو نحوها ، بطرفيها أسلاك توصل إلى مصدر لشحنة كهربائية عالية الضغط . وفى جنب الأنبوبة فتحة متصلة بمضخة لتفرغ ما بها من هواء أو غاز . وعند تشغيل المضخة يخف ضغط الغاز بالأنبوبة إلى درجة أنه يأذن للشحنة الكهربائية أن تمر فيه ، أى تتفرغ . وهو يتوهج إذ تمر الكهرباء فيه . وعندئذ يكون له طيف ، لو نظر إليه الناظر بجهاز لتحليل الطيف ، وهو الإسبكتروسكوب ، لظهر طيفه الخاص فدل عليه . وبهذا تكتشف حقيقة غاز ما من غازات الهواء .

فى باب قادم أن كثيراً من الآراء الجديدة وطرق التجريب الجديدة لاتقدر جدتها ، ولا تعرف خطورتها ، إلا إذا حان زمانها . ومن ذلك فقاعة كافندش ، وما قيل عنها . ولكن مع هذا ، وعلى العموم ، لا يكاد الرجل منا يجد سبباً يتعوق به كشف الأرجون بعد ما جاءت الثورة الكيماوية ، وعلى الأخص بعد أن قبل العلماء النظرية الذرية (١٨٦٠) . ولكنى أعود فأقول إن الأرجون ، لو كان اكتشف عند ذاك ، فإن اكتشاف زملائه من الغازات النادرة كان على الأرجح سيتريث بعد ذلك طويلا ، والنقاش الذى كان يقوم فى الأرجون ، هل هو عنصر أو مركب ، كان يتطاول تطاولا كبيراً .

وقبل ختام هذا الباب أذكر أمرين ، على سبيل الاضافة وزيادة الإيضاح .

أما الأمر الأول فعن الكيماوى الأمريكى هلبراند (W.F. Hillebrand) فقد حصل هذا الكيماوى ، قبل عام ١٨٩٠ ، على مقدار من الأرجون ، مخلوط بالهليوم (وهو غاز آخر من غازات الهواء النادرة) ، فعجز عن التعرف على ما حصل . كان قد كشف أن بعض المعدنيات الأرضية إذا عولج بحامض أخرج غازاً . وامتحن هذا الغاز وقال إنه الأزوت . وسمع « رمزى » بالذى صنع هلبراند ، وقرأ ما نشر من ذلك . وأعاد تجربته ، ووجد أن الغاز الذى حصل عليه من ذلك لم يكن أزوتاً ، ولكن خليطاً من أرجون وهليوم . وتعرف على الغاز الثانى من طيفه الذى أحدثه فى أنبوبة تفريغ كهربائى ، فقد جاء هذا الطيف مطابقاً لطيف غاز لم يكن عرف بعد على الأرض ، ولكنه أدرك أنه موجود فى الشمس ، فهو من

بعض طيفها – هليوس معناها الشمس– . وقد نتساءل لِمَ لم يتم «هلبراند» بحث غاز هو كاشفه؟ ونجد جواب هذا السؤال الذى لا يخلو من طرافة فيما كتب « هلبراند » الى رمزى يعتذر عن خيبته ، بعد أن أتم بحث هذا الغاز قال : « إن الظروف التى قمت فى كنفها بهذا العمل لم تكن مواتية . فقد كنت أنفقت فى الجزء الكيماوى من البحث وقتاً طويلا ، فلم يرتح ضميرى إلى أن آخذ من عملى الروتينى الذى هو واجبى الأول من الوقت أكثر مما أخذت . وكنت فى الأطياف وفيما يتصل بالمطياف ، بالإسبكترسكوب ، قليل الخبرة ... ولقد – لا أشك – استغربت من أنه فاتنى التعرف على هذا الغاز من وجود الخط الأحمر فى الطيف ، الذى للأرجون ، ووجود خطوط تبينتها أنت فى طيف الغاز الذى حضر من الكليفيت (Clevite) . والحق أنه لم يفتنى إدراك هذه الخطوط . فكلانا ، أنا والدكتور «هالوك» (Hallock) ، وجد كثيراً من هذه الخطوط مرة أو مرتين ، ومنها ما كان مصدره الزئبق أو الكبريت من حامض الكبريتيك . ولكن كان من هذه الخطوط فى الطيف أيضاً خطوط لم نجد نظائرها فى أى خريطة من خرائط الأطياف المعروفة . والمعروف أن الأطياف تتغير بتغير مقدار الإفراغ فى أنبوبة التفريغ الكهربائى . وقد نسبنا إلى هذا ما اختلط علينا من أمر هذه الخطوط ، ورفضنا اقتراحاً جاء من أحدنا ، فى غير جد كثير ، أن الذى بين يدينا قد يكون عنصراً غازيًّا جديداً » .

فهذا كيماوى ، يعمل فى معمل حكومى ، ويعمل عملا روتينياً ، ويجيئه بحث قيم فيقف عند بابه ، فيأبى ضميره الحى أن يأخذ من وقت

حكومته فوق ما أخذ ، ويرجُح عنده العمل اليومى على متابعة كشفه العلمى . فإن صح هذا ، فهذا وجه آخر من قصة اكتشافِ العناصر النادرة فى الهواء ، يذكرنا بقول بستور عن « العقول المتأهبة » دائماً لانتهاز الفرصة ، فرصة البحوث ، كلما عرض منها للمرء عارض ، ومتابعتها إلى آخر المطاف .

أما الأمر الثانى الذى أردت أن أختم به هذا الباب فهو ما قد يستخرج من أعمال « رالى » ، وهى أعمال تقديرية كمية غاية فى الدقة ، من حكم ، يصدق فى حالة كالحالة الخاصة التى نحن بصددها ، ولكن فى تعميمه الخطأ كل الخطأ . وقد يظن القارىء أن الأمر هذا الذى أثيره ليس من الخطر بمكان ، ولكنه عندى خطير بسبب أنه خطأ شائع ، فلا بد من التنبيه إليه .

إن مؤرخ حياة « رالى » يخطىء فى الرأى عند ما يبدأ قصة كشف الأرجون بكلمة قالها اللورد « كلڤن » (Kelvin)[١] ، نصها يجرى هكذا : « إن التجارب التى ينفق فيها المرء جهده وزمنه فى مقاسات دقيقة غاية الدقة ، وتقديرات مضبوطة غاية الضبط ، قد تتراءى لغير العلماء أنها

---

(١) هو وليم تمسن ، ولكنه نال اللوردية فسمى لورد كلفن . وهو رياضى وفيزيانى ومخترع . وهو الثلاثة معاً . ولد فى بلفاست ، با رلندة ، عام ١٨٢٤ . تعلم فى جلاسجو ، ثم كمبردج . وعين أستاذاً للفلسفة الطبيعية فى جامعة جلاسجو من عام ١٨٤٦ إلى عام ١٨٩٩ . أى ٥٣ عاماً . وهو كان فى أكثر حياته يعد أكبر علماء زمانه . واحتفل بمرور ٥٠ سنة على أستاذيته فى حفل لم يكد يتخلف عنه عالم نابه حى قط . ومات عام ١٩٠٧ ودفن فى كنيسة وستمنستر أبى بلندن .

فى مرتبة دون مرتبة التجارب التى تهدف إلى كشف شىء جديد . ولكن أكبر الكشوف العلمية على التقريب ما كانت إلا ثمرة ما أنفق فيها من قياس دقيق ، ومما صبر فيها الصابر وقعد القاعد إلى الأعداد الكثيرة التى أخرجتها تجاربه ليغربلها وينقيها » .

نعم إن « غربلة الأرقام الكثيرة » التى قام بها « رالى » أدت إلى الكشف عن الأرجون . ولكن هذا لا يقوم دليلا على صحة قول « كلفن » على إطلاقه . إن الذى تدل عليه أن المصادفة العارضة النافعة قد تأتى بها مقاييس مجهدة وتقديرات متعبة يقوم بها صاحبها . ولكن من الخطأ أن نستدل من ذلك على أن زيادة رقم عشرى جديد فى نتيجة من نتائج تجربة ستكون دائماً مثمرة . إن الدقة لها حد نافع تقف عنده . وقد يختلف الناس فى هذا الحد ، ولكنه حد لا بد أن يكون وأن يوقف عنده ، وإلا صارت الدقة فى ذاتها غرضاً يستهدف ، ولذة ، كلذة جامع طوابع البريد ، تطلب لذاتها . إن فى خريطة العرفان خانات كثيرة فارغة ، فهذه لا بد أن تملأ ، والعمل الذى يتضمنه هذا الملء عمل مقبول ، بل مشرف . ولكن الرجل منا إذا هدف الى زيادة الأرقام دقة ، كتلك التى تقدر بها خواص العناصر والمركبات ، من كثافة ، وتوصيل الكهرباء ، وذوبان فى الماء وغير الماء ، فإنما هو مقبل على أمر لا يمكن أن ينتهى أبداً . ومع هذا فنحن نعقل أن عملا كهذا يعمل لغاية عملية ، أو هو يعمل لامتحان فكرة نظرية ، ولكن أن يقوم به صاحبه لمجرد لذة يجدها فيه ، فأمر لا يستحق من الجمهور تقديراً إلا بمقدار ما يستأهل جامع الطوابع من تقدير .

وليس فى هذا غض من القياسات الدقيقة والتقديرات المرهقة ، فلولا هذه ما كانت كيمياء ولا كانت فيزياء . ولكن هذه القياسات والتقديرات يكون خطرها بمقدار ما تتصل بفكرة جديدة أو مشروعات تصورية مستحدثة ، أى من فروض ونظريات ، وبمقدار ما تتطوع لمعالجتها بالمنطق وبالأساليب المنطقية .

إنا فى الباب القادم سنورد بضعة من أمثلة بسيطة نشرح بها الدور الأساسى الذى تلعبه فى العلم أدوات القياس ، ثم الرياضة ، تدخل بعد ذلك إلى نتائجها لتصوغها وتشكلها .

الباب السادس

التدليل الرياضى والتجريب الكمى

أعود مرة أخرى فأسأل القارئ أن يرجع معى إلى القرن السابع عشر وما كان فيه من دراسة للهواء . إن مشروع تورتشيلى ، أى نظريته ، خرجت منها استنتاجات معلومة كانت مما يمكن تحقيقه بالتجريب . وهى قد جربت وتحققت ، وزاد الناس اعتقاداً فى صحة هذه الصورة الذهنية ، إن الجو بحر من هواء . ولكن هذه التجارب كانت فى جوهرها وصفية . أى أنه لم يحتج الإنسان فيها إلى إجراء قياسات دقيقة ، والأرقام التى نشأت منها لم تتناولها الرياضة بمعالجة أصلا . وهذه الصفة التى لهذه التجارب ، ولهذا البحث ، بحث الهواء ، فى القرن السابع عشر ، أعنى الوصفية ، لا التقديرية ، هى التى جعلت من تاريخ بحث الهواء فى هذا القرن تاريخاً سهلا . وهو يحكى فيسهل على القارئ فهماً ويجد منه إقبالا . فأكثر القراء لا يحبون الرياضة ولا يحبون أن يقرأوا عنها ، ويكفى القارىء منهم أن يفتح كتاباً فيجد فيه معادلة جبرية قد أطلت برأسها حتى يغلق كتابه . ولكن الوقوف بالبحث العلمى ، عند هذا الحد الوصفى ، يعطى القارئ عنه لا شك صورة كاذبة .

حقيقة إن التجارب الوصفية كانت فى أكثر من مرة سبباً فى تقدم العلوم الطبيعية . وهى فى علوم الحياة كانت الوسيلة الوحيدة لتقدم هذه العلوم إلى عهد قريب جداً . ويستطيع المرء أن يستوعب كثيراً من العلوم

التجريبية بدراسة حالات لا تستخدم فيها القياسات الدقيقة ولا تدخل إليها الرياضيات العميقة . ولكننا لا نبالغ إذ نحن قلنا إن علم الفلك وعلم الكيمياء وعلم الطبيعة أو الفيزياء إنما بنيت على أسس من القياس الدقيق قامت به أجهزة فى تصميمها حنكة وبراعة . وعدا هذا فالقيم التى خرج بها هذا القياس ما كانت لتكتسب خطورة إلا بسبب علاقاتها بصور رياضية كان من جراء تطبيقها أن رجع الباحثون إلى هذه الصور يزيدون فيها فيملأون بذلك الفكر النظرى بكل طريف جديد . فكل فهم للعلم لا يتم إلا إذا صحبه عند القارئ شيء من تقدير للآلات التى بها تجرى هذه القياسات ، وتقدير لكل ما يدخل إليها من تحسين . كذلك لا بد للقارئ من بعض فهم للعلاقة القائمة بين أرقام تأتى بها هذه القياسات ، تجرى فى المعامل ، وبين ما فى الرياضة من حقائق قائمة وأساليب جارية . من أجل هذا خصصنا هذا الباب لبحث التجريب الكمى واستخدام الرياضيات فيه . فإذا وجد القارئ صعوبة فى متابعة ماأقول ، فما عليه إلا أن يترك هذا الباب وينتقل إلى الذى بعده ، وبذلك يعود مرة أخرى إلى الجو الوصفى الحبيب إليه . ولكن مع هذا يجب أن يدرك ما خسر بتركه الجو الكمى ، جو المقادير لا جو الأوصاف .

وليس بى حاجة إلى أن أعتذر عن بساطة ما سوف أعرض له من آراء ، ولا من رياضة ، فى الصفحات الآتية . ولكنى أعيذ القارئ أن يفهم أن ما سوف أعرض له من أمثلة أختارها من القرن السابع عشر ، إنما قصدت بها أن أقول إنها تمثل علم ذلك القرن . فما هى بذلك . ولست

بحاجة إلى تذكير قارئى بأن ذلك القرن كان قرن «جاليليو» وقرن «نيوتن» . وهو قرن بدأ بدراسة جاليليو للأجسام الساقطة، وانتهى بدراسة «نيوتن» للميكانيكا، وللحركيات، وباختراع حساب التفاضل والتكامل Calculus . إن الذى يريد أن يعلم أى دور لعبته الرياضيات فى تقديم علم الفيزياء النظرى ، فى الأحقاب الأولى من هذا التقدم ، عليه أن يدرس ما صنع هذان العالمان الكبيران . ووددت لو أنى عالجت ذلك هنا . ولكن دراسة ما صنعاه تقع من الصعوبة بحيث لا يتفق لها مكان فى هذا الكتاب . فهو إنما يقصد إلى عرض ما هو بسيط من طرائق العلم . فلو أنى مثلا تناولت مسألة الأجسام المتحركة (ما يتعلق منها بالحركة الصرفة وبالقوى التى تعمل فيها) فأكثر ظنى أنى سوف أربك القارئ وأخلط الأمر عليه فيخرج من ذلك وما درى من دور لعبته القياسات ولعبته الرياضيات فى تقدم العلوم شيئاً .

إنه لا بد ، لفهم حتى تلك المبادئ الأولية فى أفرع علم الطبيعة التى يتصل اسمها باسم «نيوتن» ، من دراسة شاقة ومران فى حل مسائلها طويل .

إن الحس الصادق بالتاريخ ، تاريخ الفكر ، يستلزم من كل من يحرص عليه أن يضع تجارب الهوائيات هذه التى جرت فى القرن السابع عشر ، فى موضعها من التاريخ ، فيما بين القرون الوسطى ، حين كانت آراء أرسطو هى الشائعة ، وبين القرن الثامن عشر ، حين كانت آراء نيوتن هى الشائعة ، وأن يستعرضها ووراءها صور من تلك القرون . إن الهواء تنشأت دراسته فى وقت وقع بين «جاليليو» و «نيوتن» ، وكان وقتاً

تصاغ فيه آراء رياضية أعقد من أى شيء نعرض له فى هذا الكتاب .
وكان الجو الأرسطاليسى ، بالذى فيه من سحب ، لا يزال مخيما ، ولكن كان قد أخذ ينقشع ، وينقشع سريعاً . وكان الفلكيون فى شغل دائب ينسقون ويوفقون بين نظرية المجموعة الشمسية التى كشفها كوبرنيكس (Copernicus) والنتائج العديدة والأرقام التى لا تكاد تحصر التى جمعها الناظرون فى السماء ، فى دقة وأناة وجهد ، فى ذلك القرن والذى سبقه . ولنذكر بذكر الفلك والفلكيين أن الأجهزة المحسنة كانت دائماً حلم هؤلاء الباحثين . وفى هذا القرن علم الناس كم تثمر الرياضة إذا ما دخلت إلى الظواهر الطبيعية لتطبق فيها . عرفوا ذلك على الأخص مما صنع جاليليو . ومنطق القرون الوسطى ، ورياضياتها ، كانت تمتزج سريعاً بفن التجريب ، فازداد قوة ، دل عليها التجريب الكمى .

إن تطبيق الاستدلال الرياضى الهندسى ، أى الاستدلال الاستنتاجى ، فى العالم الطبيعى يمكن إيضاحه بعرض تاريخ ذلك العلم المسمى بالأدروستاتيكا ، أى علم موازنة السوائل، الذى هو بعض فروع علم الميكانيكا . ودراسة تاريخ هذا العلم نافعة ، لأنه لشبهه ولقربه كل القرب من علم الهوائيات ، يصلح أن يكون مقدمة للبحث فى موضوع التجريب الكمى .

إن تخلق الماء وكيف يسلك فى الأنابيب ، ويتطبع فى الأحواض ، معرفة لا شك طلبت من قديم ، طلبها الإنسان ، ولاحظها وناقشها ، منذ فجر المدنية . ويكفى للذى نحن بصدده أن نبدأ عند « أرشيميدس »

(Archimedes) [١] ، وقد عاش فى القرن الثالث قبل الميلاد . وقد سهل تعيين الزمن الذى عاش فيه هذا العالم الباكر تلك الحكاية المشهورة عن وفاته ، فهو قتل عند سقوط سيراكيوز (Syracuse) ، قتله جندى رومانى . وكمثل قصة موته هذه اشتهارا ، قصته الأخرى التى تحكى عن طريقته التى ابتدعها فعرف بها أكان التاج من ذهب أم من غير ذهب ، بوزنه فى الهواء ثم بوزنه فى الماء . يذكرنا بها صيحته فى حمامه « لقد وجدتها ، لقد وجدتها » ، أى وجد الفكرة التى يعرف بها الذهب ، فى التاج ،أكان خالصاً أم غير خالص.إن القاعدة المأثورة عن«أرشيميدس» ، والتى تعرف بأنه أول من اكتشفها وهو قائم مشتغل عملياً بتقدير المعادن الثمينة ، وذلك بالطرق الفيزيائية ، هذه القاعدة قد ظلت تحمل اسمه قرونا عديدة . ولكنها لم تكن الوحيدة التى جاء بها أرشيميدس.إنها كانت واحدة من عدة من الأفكار المترابطة ، نزلت إلينا بها كتاباته عن السوائل وما تحدثه السوائل من ضغوط . واطلع عليها العالم الغربى فى القرن السادس عشر أول اطلاع ، واتخذ منها أساساً يناقش بناء عليه كيف تتطبع السوائل وهى ساكنة ، فصار من ذلك علم يعرف اليوم بالأدروستاتيكا ، أو علم موازنة السوائل .

إن علم الأدروستاتيكا مهم لنا لأنه علم متصل على القرون ، بدأ

---

(١) هو عالم الفيزياء وعالم الهندسة الإغريقى الشهير . ولد بمدينة سيراكيوز بجزيرة صقلية فى نحو عام ٢٨٧ قبل الميلاد وتفرغ لدراسة العلم والرياضة . وهو الوحيد بين القدماء الذى خلف لنا شيئاً نافعاً فى الميكانيكا والأدروستاتيكا . ومن هذه الأخيرة نظرية أرشيميدس المعروفة .

عند الإغريق وانتهى إلينا . فبدراسة تنشئه يدرس المرء كيف تنشأ الأفكار على مر السنين الطويلة . إن الذى يقرأ المقالات التى كتبت فى علم موازنة السوائل فى القرنين السادس عشر والسابع عشر ، ولتفسير قواعد «أرشيميدس» وشرحها واستزادتها ، يحس كأنما يقرأ كتاباً فى الرياضة ، أو فى الهندسة الرياضية . مثال ذلك ما كتبه « استيفن بروجس » (Stevin of Bruges) فى نحو عام ١٦٠٠ ، وما كتبه پسكال ، وكان كتبه عام ١٦٥٠ ولكنه نشر عام ١٦٦٣ . وليس فى أيهما إشارة الى تجارب أجريت أبدا . إنه المنطق الاستنتاجى طبقه هؤلاء الفيزيائيون النظريون القدماء على ما أتى به «أرشيميدس» من علم ليوسعوه وليزيدوه. وهم بذلك إنما كانوا يتبعون ذلك الطراز من الفكر المنطقى الذى جاء به إقليديس قروناً قبل ذلك خلت . فطريقتهم كانت فى جوهرها عقلية تحليلية صارمة وتدليلا فى حذر أى حذر.

والحق أنك حتى اليوم قد تجد من المناطقة من يظن أنه ما كان لأرشيميدس أو غير «أرشيميدس» أن يحاول أن يرسى قاعدة «أرشيميدس» التى استخدمها فى تقدير الذهب ، على قاعدة من التجريب العلمى . فمحاولة كهذه هى عندهم إضاعة وقت . وعندهم أن قواعد الأدروستاتيكا كقواعد الهندسة السطحية ، تتخرج بالمنطق ، هذه من تلك ، ثم هذه من هذه . أو هذا على الأقل ما قال به « استيفن » ، وما قال به پسكال . حتى بعض الكتاب فى منتصف القرن العشرين . وإنه لمن الصعب القول بصحة هذا الرأى صحة كاملة ، وسوف أرجئ الخوض فى صحته بضع صفحات حتى نتأكد من وضع المسألة تماماً .

إن الفكرة المهمة فى كل هذا هى تلك : أن فى تنشىء الفيزياء ، أى

الطبيعة ، فى القرنين السادس عشر فالسابع عشر ، استخدم المنطق الذى يستخدم فى إثبات النظريات الهندسية وتخريجها فى بحث ظواهر الطبيعة . وهذا النوع من الاستدلال المنطقى كان من طبيعته أن يؤكد الناحية التجريبية قليلا ، ويؤكد كثيراً ناحية الإيضاح بأمثلة ، قد تتحقق أخيراً عمليًّا ، ولكنها قلما تتحقق . والواقع أنك تقرأ مقالة پسكال عن الأدروستاتيكا ، وفى الهوائيات ، فلا تستطيع أن تقول أى هذه التجارب الموصوفة قد أجرى منها شيء إن كان قد أجرى منها شيء قط .

إن الذى يقرن بوييل بپسكال يجد الفرق بينهما كبيراً . أما «بوييل» فكان رب التجريب ذا الحيلة الواسعة ، ورب الملاحظة الدقيقة ، والرجل الذى لم يتعبه قط تسجيل التفاصيل . وهو قد صنع مثل ما صنع أى رجل آخر فى التاريخ لخلق التقاليد الصالحة فى العلم التجريبى . وأسلافه فى نهجه هذا الصناع وأصحاب الحرف الذين ظلوا طوال الدهور يحسنون حرفهم ويجددون طرائقهم . ومنهم مستخرجو المعادن ، ومصنفوها ، ثم من بعد ذلك هم صانعوها . أما پسكال فكان الرجل الرياضى المنطقى ، وأسلافه المناطقة والرياضيون من الأغارقة . إنه يجد حاجته أحياناً إلى تجربة حقيقية يقوم بها يحقق نقطة هامة فى نقاش . ومثل هذه تجربة الجبل ، جبل بوى دى دوم ، وبعثته لتحقيق الضغط الجوى عن رأس الجبل وفى سفحه . ولكن نقاشه هذا إنما يجرى ومكوناته المنطق ، ثم تجارب قد تجرى . أما التجارب التى هى فعلا أجريت ، والملاحظات التى هى فعلا سجلت ، فليس لها فى نقاشه ولا فى جدله ولا فى تخريجه المنطقى مكان . إنه يذكر التجريب ، لا شك فى هذا ، ويذكره فى كل

موضع ، ولكنه التجريب الذى نسميه اليوم « على الورق » . وپسكال فى كل ما كتب يمثل ذلك الجيل المتعاقب من الناس الذين صنعوا ما نسميه اليوم بالطبيعة النظرية، أو الفيزياء النظرية . إنه أحد الفيزيائيين وإن سبقهم بزمان طويل . أما بوييل فلعله كان الأب الأول لكل مجرب فى المعمل جاء من بعده . ونحن إذا ذكرنا الفيزيائيين النظريين فى العهود القريبة إلينا ، ذكرنا مكسويل Maxwell[١] وذكرنا أينشتين Einstein ونحن إذا ذكرنا أهل التجريب منهم ذكرنا فرداى Faraday[٢] وذكرنا لورد رذرفورد Lord Rutherford[٣] . وقد نذكر من رجال

---

(١) هو جيمس كلارك مكسويل ، العالم الفيزيائى ، ولد عام ١٨٣١ ومات عام ١٨٧٩ . تعلم فى بلدة أدنبرة ثم فى كمبردج وصار أستاذاً للفلسفة الطبيعية فى جامعة أبردين من عام ١٨٥٦ إلى عام ١٨٦٠ ثم أستاذاً بكلية الملك بلندن إلى عام ١٨٦٥ ثم أستاذاً للفيزياء التجريبية فى كمبردج . وكان مكسويل أكبر فيزيائى حى فى النصف الثانى من القرن التاسع عشر ، لا يفوقه مقاماً غير اللورد كلڤن . وأكثر عمله فى الكهرباء. فهو أحدث فى نظريتها انقلاباً . وعدا هذا كان مؤلفاً بارع التأليف .

(٢) هو ميكل فرداى الكيماوى الفيزيائى الإنجليزى، وهو مثل للرجل الذى يخرج من ضعة فى المجتمع فيتسنم بكفاياته ذروة المجد . ولد عام ١٧٩١ ومات عام ١٨٦٧ . بدأ حياته صبياً عند مجلد يجلد الكتب فى لندن ، وملأ فراغه بالتجريب الكهربائى . وصحبه صاحب إلى محاضرات السير همفرى داڤى ، فواصل هذه المحاضرات . وأطلع داڤى على مذكراته بعد هذه المحاضرات ، فدهش لها وعينه مساعداً فى المعهد الملكى (Royal Institution) الذى كان رئيسه . ومن هذا ابتدأ ، فصار بعد ذلك أستاذاً ، ثم رئيس هذا المعهد من بعد داڤى وبحوثه فى موضوعات شتى ، من أشهرها التحليل الكهربائى .

(٣) هو أرنست رذرفورد ، الفيزيائى ، ولد فى نيوزلنده عام ١٨٧١ ، وجاء إنجلترا ، إلى كمبردج ، فأجرى فيها بحوثه. وفى عام ١٨٩٨ ذهب إلى كندا أستاذاً للفيزياء بها . وهناك بدأ بحوثه فى النشاط الإشعاعى الذى كون شهرته . وتابع هذه البحوث بعد ذلك فى

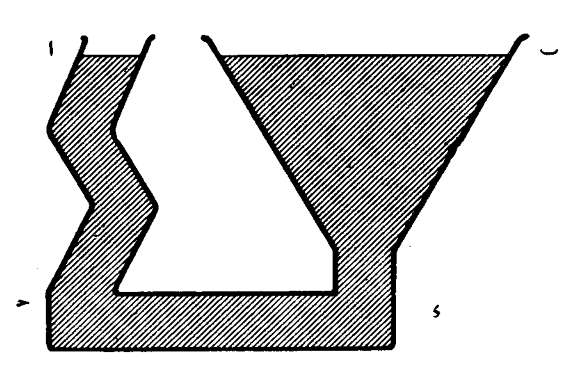
العلم الكبار من جمعوا بين النهجين ، ومن هؤلاء جاليليو ومنهم نيوتن .

إن أهل النظريات وأهل التجارب ظلوا يتعاونون على القرون ، والذى صنعه بعضهم أكمل وتمم ما صنع الآخرون . ولكن هذا لم يمنع أن قام بينهم أحياناً قليل من خصام . ومن ذلك ما نجد فى كتابة «بوييل» من أقوال يعلق بها على بعض تجارب پسكال المزعومة . قال بوييل : « إن هذا الرياضى الفرنسى لا يذكر لنا أنه قام فعلا بإجراء هذه التجارب ، ومن الجائز جدًّا أنه وصف ما وصف منها على أنها أشياء لا بد واقعة ، ما دام أن المنطق الذى أخرجها هو عنده الصحيح » . وفى مكان آخر يضحك بوييل من پسكال لأنه لا يعطى التفاصيل التى تهيىء للآخرين الفرصة لإعادة التجارب بغية تحقيقها . ومن التجارب التى وصفها پسكال ولا يكاد يؤمن بها القارىء ، تجربة أشار اليها «بوييل» ، هى تجربة رجل زعم پسكال أنه نزل إلى الماء فجلس فيه على عمق ٢٠ قدماً من سطحه ، ثم حمل على فخذه أنبوبة امتدت إلى ما فوق سطح الماء . قال «بوييل» : ولكن پسكال لم يقل لنا « كيف أمكن لرجل أن يبقى تحت الماء ، على عمق ٢٠ قدماً من سطحه » .

منشستر . وتعين بعد ذلك أستاذ الفيزياء التجريبية بجامعة كمبردج ، فى عام ١٩١٩ . ونال مدالية الجمعية الملكية وجائزة نوبل . وانتخب رئيس الجمعية الملكية من ١٩٢٥ إلى ١٩٣٠ . ومات عام ١٩٣٧ . وأشهر أعماله وبحوثه فى الذرة ، تركيبها وتحطيمها .

قواعد الأدروستاتيكا : حقائق تسبقها تعاريفها

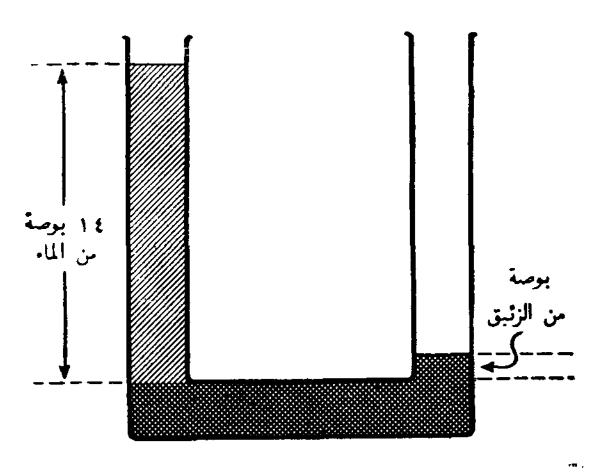
بهذه الفكرة العامة عن أصل الدراسة الرياضية النظرية كيف نشأت فى علم الطبيعة ، نستطيع أن ندخل علم الأدروستاتيكا نبحث بعض مسائل خاصة فيه . ولنبدأ بظاهرة كثيراً ما أجمل الناس التعبير عنها بقولهم « إن الماء دائماً يبلغ مستواه من ذات نفسه » . إن (الشكل ١٧) يذكر القارئ بأننا ذا وصلنا بين وعائين ، وصببنا ماء فى أحد الوعاءين ، فإن مستوى الماء يكون واحداً فى كليهما مهما يختلف شكلاهما . وواضح بذلك أن ارتفاعين من الماء (ا حـ ، ب د) يوازن بعضهما بعضاً ، ولو أن مقدار الماء فى كليهما مختلف كل الاختلاف . وإذا نحن صببنا



(شكل ١٧)

مقطع رأسى لوعاءين تصلهما أنبوبة . فإذا صب الماء فى أى من الوعاءين فما أسرع ما يتساوى سطحا الماء فى الوعاءين .

الماء بسرعة فإن سطحى الماء فى الوعاءين سيضطربان أول الأمر ، فيرتفعان وينخفضان ويرتفعان وهلم جرا ، إلى أن يستقرا ، وعندئذ نقول إنهما بلغا « حالة الاتزان » . وفكرة الاتزان هنا ، فكرة ذات خطر فى العلم. ونقول إن قواعد الإدروستاتيكا تصح فى حالات « الاتزان » ، أى حالات كالحالة التى وصفناها تواً . ومن أجل هذا أسمينا هذا العلم بعلم موازنة السوائل ، أو علم السوائل الموازنة . وفى التوازن نجد عموداً من الماء ارتفاعه ١٤ بوصة بالتقريب يوازن عموداً من الزئبق ارتفاعه بوصة واحدة (شكل ١٨) ، وهذا معقول على ما يظهر لأن الزئبق أثقل من الماء بنحو ١٤ مرة ، إذا نحن قارناهما حجماً بحجم



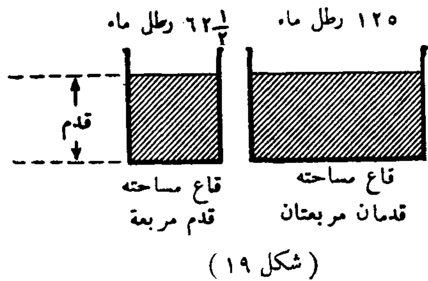
(شكل ١٨)

قطاع رأسى لأنبوبتين عموديتين ، بإحداهما زئبق وبالأخرى ماء ، تصلهما عند القاع أنبوبة .

كذلك فكرة « الضغط » ألفيناها مفيدة معينة فى التعبير عن ظواهر كالظاهرة التى ذكرناها توًّا عن الماء فى وعائيه . وهذه الفكرة ، فكرة « الضغط » ، مشتقة مما نحس به كل يوم فى مجرى الحياة . فنحن نحس بالضغط إذا كان فى وعاء من ماء ثقب فى قاعه وأردنا أن نسده بفلينة ندخلها فى الثقب أو بيدنا نضعها فوق الثقب . وهذا الضغط الذى نحس به سببه وزن الماء فى الوعاء ، ونحن نستطيع أن نثبت أنه يتوقف على عمقه من سطح السائل ، وعلى كثافة السائل ، وعلى سعة الثقب . ونحن إذا أحدثنا فى قاع الوعاء ثقبين ، أحدهما مساحته قليلة ، والآخر مساحته كبيرة ، لوجدنا أن القوة التى تدفع يدنا ونحن نمنع خروج الماء من الثقب الأكبر ، أكبر منها عند الثقب الأصغر . ولكنا إذا قسمنا هذه القوة على المساحة فى الحالتين لكان خارج القسمة عدداً واحداً . فهذه القوة فى الوحدة الواحدة من المساحة هى التى نسميها اصطلاحاً وتعريفاً بالضغط ، وهو لا يتوقف إلا على كثافة السائل ،وعلى العمق الذى هو عنده من سطح السائل . من هذا تكون القوة الدافعة عند ثقب فى قاع الوعاء تتوقف على مساحة الثقب ، بينما الضغط فى أى ثقب بالقاع لا يتوقف على مساحة الثقب أبداً ، فهو ثابت لا يتغير ما ثبت عمق قاع الماء من سطحه .

ولنفرض أن لدينا وعاءين قاع أحدهما قدم مكعبة ، وقاع الآخر قدمان مكعبتان ، ولنفرض أننا ملأناهما بالماء إلى عمق قدم واحدة (شكل ١٩) . واذا نحن عرفنا أن الماء تزن القدم المربعة منه $٦٢\frac{١}{٢}$ رطل ، إذاً لوجب أن يحتوى الوعاء الأصغر $٦٢\frac{١}{٢}$ رطل ، وأن يحتوى الأكبر ١٢٥

رطلا . وفى مثل هذين الوعاءين ، وجدرانهما كما نرى قائمة ، يكون الثقل الواقع على قاعيهما هو وزن ما فيهما من الماء . ولكن غير ذلك الضغط . فالضغط هو القوة مقسومة على المساحة ، وهى ٦٢½ رطل فى كلتا الحالتين والحقيقة العامة الخطيرة التى استخلصناها من ذلك هى الضغط الذى تسببه قدم من الماء هى دائماً ٦٢½ رطل على القدم المربعة الواحدة ، مهما يكن

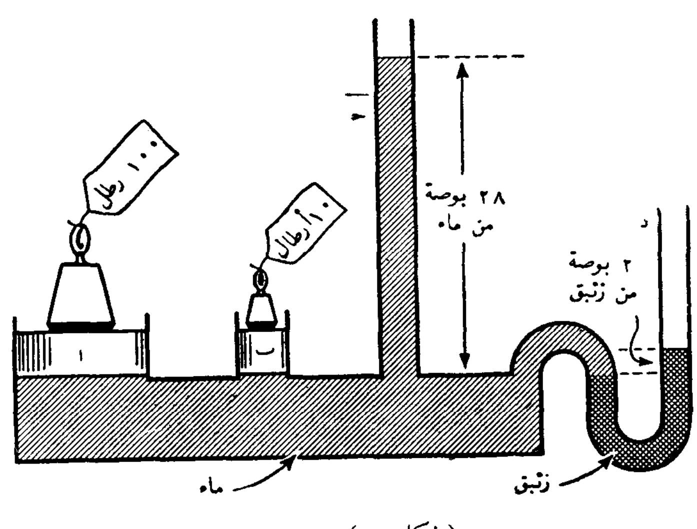


(شكل ١٩)

قطاع رأسى لوعائين بهما ماء . ولو أن مجموع القوة الواقعة على القاع فى كل منهما مختلفة ، إلا أن الضغط عند القاع فى كليهما واحد

مقدار الماء ، ومهما يكن شكل الوعاء الذى يحتويه . ولهذا يكفى لتحديد الضغط فى الماء أن نقول على أى عمق من سطحه هو واقع . وضغط ٣٤ قدماً من الماء يساوى ٣٤ × ٦٢½ أى ٢١٢٥ رطلا على القدم المربعة .

وقد نستخدم سائلا غير الماء ، وليكن الزئبق : وهنا نقول إن الزئبق أثقل من الماء بنحو ١٤ مرة ، حجماً بحجم . وإذاً فارتفاع الزئبق الذى يوازن ارتفاعاً من الماء قدره ٣٤ قدماً هو ٣٤ × $\frac{1}{14}$ أى نحواً من ٣٠ بوصة . والارتفاعان من الماء اللذان بالشكل ١٧ يمكننا أن نعتبرهما متوازنين



(شكل ٢٠)

رسم يوضح طرقاً مختلفة لتعيين الضغط . فالمكبس ا مساحته ١٠٠ بوصة مربعة ، والمكبس ب مساحته ١٠ بوصات مربعة ، وإذاً فنى كل من الحالين يكون الضغط رطلا على كل بوصة مربعة . وهو يعادل نحواً من ٢٨ بوصة من الماء أو بوصتين من الزئبق

لأن الضغط على القاع فى كليهما واحد . فلا عجب إذاً أن يتوازن عمود من الماء وعمود من الزئبق ارتفاعه $\frac{١}{١٤}$ مرة كارتفاع الماء (شكل ١٨) .

وأنت واجد فى الشكل ٢٠ إيضاحاً لطريقتين تقاس بهما ضغوط السوائل . وتدل ا ، ب على مكبسين كلاهما محكم فى أسطوانته فلا ينفذ منه السائل الذى تحته ، وهما يتحركان سهلا فى كلتا الأسطوانتين لأن كليهما أحسن تشحيمه . أما ح ، د فأنبوبتان مفتوحتان إلى الهواء ، بإحداهما ماء

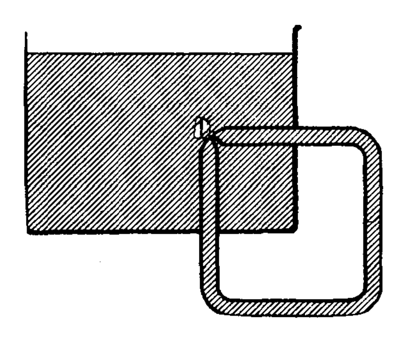
وبالأخرى زئبق . وعند ما تتوازن هذه السوائل نجد أن مثقالا قدره ١٠٠ رطل يوضع على المكبس الذى مساحته ١٠٠ بوصة مربعة سيوازن مثقالا مقداره ١٠ أرطال يوضع على المكبس الذى مساحته ١٠ بوصات مربعة (إذا استغرب القارئ من أن مائة رطل تتزن بعشرة أرطال ، فليطمئن ، لأن من سبقوه قد استغربوا مثله ، حتى سميت هذه الحقيقة بأنها اللغز الأدروستاتيكى) . إن الضغط فى كلتا الحالتين رطل واحد على البوصة المربعة الواحدة . وكما هو واضح من الشكل نجد أن الضغط الذى يحدثه عمود من الماء ارتفاعه ٢٨ بوصة هو نفس الضغط الذى يحدثه عمود من الزئبق ارتفاعه نحو بوصتين . إن الضغط هو كذا من أرطال على البوصة الواحدة ، كان محدثه الماء أو الزئبق أو غير هذين من سائر السوائل .

إننا عند ما بحثنا فى الهوائيات فرضنا أن القارئ عنده فكرة عامة عن ضغوط السوائل وعن موازنة عمود منها عموداً. والواقع أن قواعد الأدروستاتيكا لو لم تكن قد عرفت ، لكان كل الذى تحدث عنه تورتشيلى عن بحر من هواء شيئاً لا معنى له ولا مفهوم . إن الذى صنعه تورتشيلى أن نقل فكرة موازنة عمود لعمود ، من السائل إلى الهواء ، ذلك لأنه كما يمكن تصور ضغط الماء ناشئاً من عمود من الماء ، فكذلك يمكن تصور ضغط الهواء ناشئاً من عمود هواء .

ولكن النقطة التى نهتم بها الآن هى أن الأدروستاتيكا ، أو علم موازنة السوائل ، وهو فرع من فروع الميكانيكا ، لم ينشأ علماً تجريبياً . كانت هناك حقاً ظواهر معروفة مرقومة ، ولكنهم نظروا إليها على أنها شىء يرجع إليه للتأكد من صحة النظرية ، تماماً كما رجع پسكال إلى تجربة الجبل

ليتأكد من صحة نظريته ، أو أنهم نظروا إليها كبعض البداهه المعروفة . وطريقة التفكير التى اتبعت يمكن إيضاحها بفكرة من الفكر التى كانت قائمة عندهم ، وجعلوها مرجعاً للحجاج . وتلك الفكرة هى الفكرة التى تقول باستحالة « الحركة الدائمة » ، يقصدون بها الحركة التى لا تتوقف أبداً ، وتغذى نفسها من ذات نفسها فلا يحركها من خارجها شيء . وكانت هذه طريقة استيفن (Stevin) المحببة فى النقاش . مثال ذلك أنه فى عرض النظرية الرابعة فى كتابه المسمى « الكتاب الرابع فى الإستاتيكا » (Fourth Book of Statics) نراه يفكر على الصورة الآتية : إن أى جزء نعينه فى ماء بوعاء « يحتفظ بأى وضع مرغوب فيه فى الماء وإلا كان الماء فى حركة دائمة » ، وهذا قول سخيف مرفوض . وبعد إثبات هذه النظرية على هذه الصورة، صارت قاعدة يعتمد عليها لإثبات سائر النظريات .

ولنضرب مثلا يشرح كيف استخدمت دعوى استحالة الحركة الدائمة فى التفكير عند ذاك ، ولنتخذ هذا المثل من عهد أقرب من ذلك العهد، ولنتخذه من علم الأدروستاتيكا. فى علم الأدروستاتيكا أن الضغوط متساوية عند أى نقطة فى ماء ساكن ، من جميع الجهات . فلو أننا اخترنا النقطة ا تحت سطح سائل (شكل ٢١) ندرس ما يجرى عندها ، وفرضنا تخيلا وجود أنبوبتين بالوضعين الظاهرين فى الشكل ، إحداهما أفقية ينتهى طرفها عند النقطة ا ، والأخرى رأسية ينتهى طرفها أيضاً عند ا ، وأن الأنبوبتين متصلتان وأنهما مليئتان بالماء الذى بالحوض ، وفرضنا فوق ذلك أن ضغط الماء عند ا فى الاتجاه الأفقى أكبر من ضغط الماء عند ا فى الاتجاه



(شكل ٢١)

مقطع لوعاء به سائل ، ثم أنبوبة تبدأ من النقطة ا وتجرى إلى أسفل مخترقة القاع ، ثم تسير أفقية ، ثم تدور إلى أعلى ، ثم أفقياً فتدخل مخترقة جدار الوعاء حتى تصل إلى النقطة ا

الرأسى ، إذاً لنتج عن كل هذا أن يدخل الماء من الأنبوبة الرأسية إلى الأنبوبة الأفقية ، وأن يظل يدور فيهما . ومعنى هذا حدوث حركة دائمة لا تتوقف أبداً . وبما أن « الحركة الدائمة » مستحيلة ، فالذى أدى إليها كذلك مستحيل . وإذاً فالضغطان عند ا لا يمكن أن يكونا مختلفين ، فهما إذاً متساويان . وهذا النوع من الحِجاج يمكن تطبيقه على الضغوط ، عند ا ، فى كل الاتجاهات . إذاً فكل الضغوط ، عند ا ، متساوية فى كل الاتجاهات .

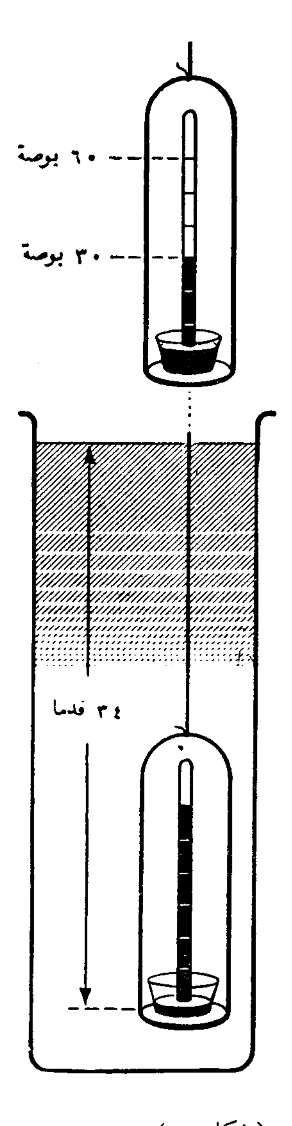
إن هذا المثل على بساطته ، وعلى أنه صيغ صياغة بلغة العصر الحاضر ، يصف لنا كيف كان السابقون الأولون يدللون على ما يجدون من مسائل الميكانيكا . وبمثل هذا التدليل نستطيع أن نثبت قاعدة أرشيميدس التى تقول «إن الجسم الصلب ، إذا هو وُزن مغموراً فى سائل ،

فقد من وزنه مثل ما يزن حجم كحجمه من هذا السائل » .

ويجب أن نذكر أن كل هذه الأدلة لا تجوز إلا فى السوائل الكمالية ، أى السوائل التى يفرض لها من الخواص ما تفرض هذه الأدلة صحته لتصح هى . وواضح أن من هذه الخواص أن يستجيب السائل بالحركة السريعة إلى كل فروق فى الضغط تحدث فيه . وخاصة ثانية ، وهى أن يكون وزن الوحدة من الحجم واحد فى كل السائل ، أى أن تكون كثافته واحدة .

ففيما يختص بالخاصة الأولى ، أى استجابة السائل لفرق الضغوط بالحركة ، نجد أننا لو صببنا رملا بدل الماء فى أحد الوعاءين بالجهاز الذى بالشكل ١٧ لما تساوى السطحان ، ولما حصل للرمل والماء اتزان . والعسل نصبه بارداً يأتى لنا بنتائج لا تستقر فترة من الزمان . وفى كلتا الحالتين لا تتوافر الشروط اللازمة للاتزان الأدروستاتيكى . فالقليل من الضغط نحدثه فى جانب ، بإضافة رمل أو عسل ، لا يحدث التغير السريع الواجب المطلوب . وبخلاف هذا تستجيب السوائل كالماء والكحول والزئبق والماء الملح لكل تغير يحدث فيها ، وذلك بالحركة التى تصحح الوضع ، وتصححه سريعاً .

أما فيما يختص بالخاصة الثانية ، وهى تجانس السائل من حيث كثافته ، فضرورتها تتضح إذا نحن تصورنا بئراً عميقة من ماء نقى ، وأنزلنا فى مائها بارومتراً نقيس به الضغوط تحت سطح الماء (شكل ٢٢) . أما عند سطح الماء فالجو وحده هو الذى يحمل عمود الزئبق فى البارومتر ، ولنفرض أن طوله عند ذاك ٣٠ بوصة . فإذا نحن غمرنا البارومتر فى ماء



(شكل ٢٢)

رسم يوضح زيادة الضغط بالنزول فى الماء . فإذا أنزل البارومتر فى ماء بئر ، إذا لصعد الزئبق فى البارومتر ٣٠ بوصة لكل ٣٤ قدماً ينزلها فى الماء

البئر ، زاد الضغط على الزئبق بمقدار الضغط الأدروستاتيكى للماء . فإذا نحن هبطنا بالبارومتر فى الماء إلى ٣٤ قدماً ، إذاً لتضاعف الضغط على الزئبق فصار قدر الضغط الجوى مرتين ، و إذاً لارتفع عمود الزئبق حتى صار طوله ٦٠ بوصة (على فرض أن أنبوبة البارومتر فيها هذا الطول وزيادة) . وكل هذه الأرقام بالطبع تقريبية . والذى يريد أرقاماً صحيحة دقيقة غير تقريبية فما عليه إلا أن يعلم الكثافات النسبية لكل من الماء والزئبق . والمفروض على طول الخط أن الماء فى البئر ذو كثافة واحدة . وهذا الشرط مستوفى أقرب استيفاء ما بقيت حرارة الماء واحدة . فإن هى تغيرت ، كما يحدث فى المحيطات ، نشأ عن تغيرها وجود طبقات فى الماء ذات كثافات تختلف فيما بينها اختلافاً طفيفاً ، فماء المحيط ليس كله فى درجة حرارة واحدة .

وإذا نحن ذهبنا فى تحليل هذه الحالة فوق ما فعلنا ، لوجدنا أن هناك عاملا آخر فوق الحرارة واختلافها يؤثر فى كثافة الماء . ذلك عمق الماء فالماء كلما زاد عمقه زاد الضغط عليه وزادت كثافته . نعم إن الماء لا ينضغط كانضغاط الهواء ، ولكن على كل حال هو ينضغط ولو قليلا .

من كل هذا نرى أن هذه القاعدة ، قاعدة علم الأدروستاتيكا ، التى تراءت لنا أول وهلة مفهومة معقولة سهلة ، قد أصبحت بعد تحليلنا إياها لا تنطبق إلا على سائل مستحيل الوجود أصلا . نعم نستطيع أن نكتفى بالماء له درجة من الحرارة ثابتة ، ونستغنى به عند العمل عن ذلك الماء الكمالى غير الموجود . ونستطيع أن نقول إن الضغط عند نقطة فى ماء ، ذى حرارة ثابتة ، معبراً عنه بالبوصات ، هو نفس العدد الذى يصف

المسافة بين هذه النقطة وسطح الماء، معبراً عنه بالبوصات . ولكن لا يسوّغ لنا هذا أن ننسى أن ما تراءى لنا أنه مسألة ظاهرة واضحة لم تكن كذلك، وأن التعريف الذى وضعنا للضغط فى سائل إنما هو تعريف لهذا السائل الكمالى غير المتيسر الوجود ، أى لسائل مستقلة كثافته عن ضغطه الأدروستاتيكى !

إن قواعد هذا العلم ، علم توازن السوائل ، تلك التى يمكن إثباتها بالتعليل الهندسى ، ليست هى ، مما سبق شرحه ، إلا قواعد عن سوائل صيغ تعريفها بحيث يتضمن ما فى إثباتها من فروض . ولكن فى الحياة العملية يقترب أكثر السوائل من أن تكون سوائل كمالية ما بقيت درجات حرارتها واحدة . وانضغاط الماء والمحاليل الملحية ، كماء البحر ، بسبب ما عليها من ضغط ، يمكن غفاله . كذلك يمكن إغفال ما يطرأ على كثافة سائل من اختلاف بسبب اختلاف الحرارة فيه . ونحن نستطيع من نتائج حصل عليها أهل القرن الماضى أن نحسب مقدار الخطأ الذى يقع فى عمق ماء مقداره ١٠,٠٠٠ قدم . وقد حسبناها فوجدنا الخطأ الواقع بإغفال هذه الفروق أقل من ٢ فى المائة . فكتاب القرنين السادس عشر والسابع عشر لم يقعوا فى خطأ يسبب لهم فى الحياة العملية عنتاً كبيراً ، بسبب ما نعموا فيه من جهالة كشف عنها ما جاء بعدهم من تجارب أدق وطرائق للعمل أيسر .

والآن فلنعد الى ما تخيلناه من إنزال بارومتر فى بئر ، أو خيراً من ذلك بارومتر فى بحيرة . إننا فى حالة كهذه نحول الضغط الذى قسناه على هذه الأعماق بالزئبق ، إلى ضغط معبر عنه بطول عمود من الماء النقى ،

وذلك بالضرب فى عدد البوصات التى فى القدم وفى الكثافة النسبية بين الزئبق والماء فى درجة الحرارة القائمة . وهذا ما سبق أن صنعناه عند ما قلنا إن ٣٤ قدماً من الماء تزيد عمود الزئبق ارتفاعاً بمقدار ٣٠ بوصة . وواضح من هذا أنا نستطيع أن نقيس الأعماق فى الماء بدرجة كبيرة من الدقة بمجرد تعيين الضِغط المائى عند هذه الأعماق (بتصحيح مناسب لاختلاف الكثافة عندها) . ومع هذا يجب أن نذكر أن ما قلناه عن العلائق الأصيلة التى تتصل بالسائل الكامل ذى الكثافة الواحدة فى كل أجزائه ، هذه العلائق لم نستخرجها من نتائج جاء بها التجريب الحذر الدقيق .

إنه من إضاعة الوقت أن يحاول الإنسان بالتجربة أن يعين كم يقترب العدد الذى يدل على بعد عمق مستخرجاً من قياس الضغط عند هذا العمق، من العدد الحقيقى لبعد هذا العمق عن سطح الماء . وكل من يحاول كشف هذا بإنزال بارومتر فى بئر مثلا ، إنما هو يستخدم فى الواقع طريقة غير مباشرة لقياس التغير الحادث فى الكثافة من زيادة الضغط . ولقد علمنا من طرق أخرى لقياس انضغاط الماء أننا لو طلبنا ذلك لاحتجنا إلى القيام بتجارب ليست هينة تستخدم فيها أجهزة دقيقة مصممة لتسجل الضغط المائى بدرجة من الخطأ تبلغ نحواً من جزء من ألف جزء من البوصة . وهذه التجربة يمكن إجراؤها ولكنها لا تلقى ضوءاً ما على قواعد الأدروستاتيكية التى منها نستنتج الفرق بين ارتفاع الزئبق فى البارومتر عند عمق ما ، محولا إلى أقدام ، وبين حقيقة هذا العمق معبراً عنها بالأقدام . إن العوامل المتغيرة فى التجربة تُجرى لأغراض عملية — التغير الذى يطرأ

على كثافة الماء وكثافة الزئبق بتغير درجات الحرارة — هذه العوامل يمكن تقديرها تقديراً غاية فى السهولة بطرق مباشرة لا التواء فيها ولا إجهاد .

وهل معنى هذا إذاً أن نقول إن قواعد الأدروستاتيكا لا أساس لها من التجريب ، وأنها مستخرجة بالتدليل المنطقى من فروض وضعناها أول الأمر تعسفاً ؟ بالطبع لا . فالمقاسات التقريبية المتضمنة حتى فى ملاحظة وصفية كالتى تقول إن الماء يبلغ مستواه من ذات نفسه هى الأسس التى قامت عليها قواعد هذا العلم . إن المواد التى لا تتوازن فى وقت قصير معقول إذا هى وضعت فى وعاء ذى ذراعين كالمرسوم فى شكل ١٧ ليست مما نسميه بالسوائل، أما التى تتوازن ، فهى سوائل ، فعندنا لها بضعة من قواعد نظرية يمكن بالتجربة تحقيق صحتها أو بطلانها . وإذا نحن أجرينا هذه التجارب بدقة عالية ظهرت لنا فروق بين ما تقضى به القواعد النظرية وما تأتى به التجربة ، ولكنها فروق متصلة بقواعد أخرى نظرية معترف بها عن السوائل ، كتلك التى تقول إن السوائل تتغير كثافاتها بتغير درجة حرارتها . ونحن فى إيجاد قواعد الأدروستاتيكا ، وفى إثباتها وتوسيعها نغفل كل العوامل غير تلك التى تضمنتها فروض فرضناها ونحن نخلق معنى السائل الكامل . من ذلك ، وبالإشارة إلى شكل ٢٠ ، أننا أغفلنا احتكاك المكبس بأسطوانته . وفى الأنبوبة الطويلة التى تحتوى الماء أغفلنا قوة الجذب التى بين زجاج الأنبوب والماء (الجاذبية الشعرية ، وهى فى الأنابيب الضيقة لا يستهان بها) .

واختصاراً نحن خرجنا ، من تجارب تصورناها وتخيلناها ، ومن مبادىء للمنطق على هذه التجارب طبقناها ، بمجموعة من أصول

خرجنا منها باستنتاجات وجدناها جميعاً تتفق مع ما نعلم من تخلق السوائل كما نعرفها . والذين بدأوا هذا الفرع من أفرع الميكانيكا كانوا أسلاف من نسميهم اليوم بالنظريين من الفيزيائيين . وهم فكروا وحاجّوا كما حاج وفكر رجال الهندسة ، ولكنهم بذلك إنما عالجوا بالفكر الرياضى ظاهرات هى فى الموضع الأول من همّ رجال التجريب ، وانعكس هذا الإجراء على العقل الرياضى نفسه فأفاده وقواه قوة ما كانت تكون لولاه . فكلما تعقدت مسائل الطبيعة ، مسائل الفيزياء ، غالبها الرياضيون بابتداع أداة فى الرياضة جديدة . وبتقدم العلم لم تعد أساس تقدمه تلك الملاحظات العابرة والتجارب البادهة التى يعرفها الإنسان ، وإنما هو أخذ يتأسس رويداً رويداً على ما تخرجه التجارب المقصودة من أرقام . واستدعى هذا النوع من التجريب بناء أجهزة أدق تعطى أرقاماً أقرب إلى الصدق . ومن القرن الثامن عشر إلى الآن كان من صنوف التجريب المتكررة ما يعتمد على رغبة دائبة عند بعض البحاث أن يزيدوا بعض المقادير المعروفة دقة فى التقدير ليزيدوها صحة فى المقدار .

وقد بلغ طلب الدقة عند بعض البحاث أن صار نزعة كالتى توجد فى قلب الرجل الفنان الذى تأسره صور الجمال . ولو أننا درنا على السنين نجمع كل مجهود صرف فى سبيل الحصول على دقة فى مقدار ، متخذاً هذه الدقة هدفاً فى ذاته ، لوجدنا مجهودات كبيرة هائلة ، ذهب أكثرها هباءً ، ولكن منها ما عاد بثمرات جزاء هذا المجهود هائلة . ومن أمثلة هذه الأخيرة ، ذات الثمرات ، تلك التجربة التى قام بها ميكلسن ومورلى

(Michelson-Morley Experiment)[١] فكانت النقطة التى انطلق منها الإنسان إلى النظرية النسبية . واختراع بعض من أجهزة خاصة ، والتقدم الذى وقع فى تحسين طرائق للعمل خاصة ، فتحت للعلماء السبيل إلى قياس سرعة الضوء فى دقة أى دقة . وعندئذ أمكن الحكم على هذه السرعة ، أهى تتوقف أم لا تتوقف على موضع الجهاز من حيث علاقته بحركة سطح الأرض منسوبة اى النجوم الثابتة . وتناول أينشتين (Einstein) هذه النتائج فأخرج منها على العالم انقلاباً ، وصنع فى العلم ثورة . وسوف أترك هذه الأمور الصعبة وحدها ، لأنتقل إلى نقيضها . وإنى قافز إلى الطرف الآخر منها لأوضح لقارئى كيف يؤدى التجريب الكمى إلى أفكار فى العلم جديدة . وفى سبيل هذا أعود إلى هوائيات القرن السابع عشر لأبحث فى قانون بويبل ، كيف اكتشف .

---

(١) هذه التجربة من أخطر التجارب العلمية ، فهى النقطة التى منها بدأ أينشتين بحوثه التى أوصلته إلى النظرية النسبية . أما الذى قام بها فعالمان أمريكيان ، أحدهما ألبرت أبراهام ميكلسن (١٨٥٢ – ١٩٣١) ، وهو فيزيائى ، والثانى ادوارد وليمز مورلى (١٨٣٨ – ١٩٢٣) ، وهو كيماوى وفيزيائى . وكان هدفهما تعيين سرعة لجريان الأرض فى الأثير ، بحساب مقدار ما تتأثر به سرعة الضوء من سرعة الأرض . ولكن التجربة أخفقت فى إثبات أن سرعة الأرض لها تأثيرها فى سرعة الضوء ، على خلاف ما كان ينتظر . ومن هنا نشأت النسبية .

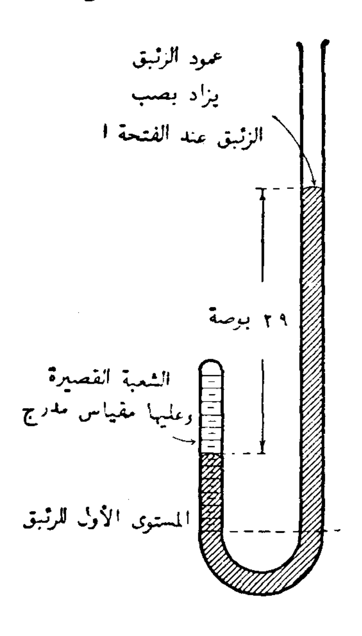
قانون بوييل

إن الهواء مائع يقبل الضغط أكبر قبول ، وهذه الحقيقة تجعل تطبيق قواعد علم موازنة السوائل ،علم الأدروستاتيكا ، على الهواء شيئاً عسيراً . إننا ننظر إلى البارومتر فنرى فيه عموداً من الزئبق ارتفاعه ٣٠ بوصة عند سطح البحر ، يوازن عموداً من الهواء يطول فيذهب بعيداً نحو السماء . ولكن إلى كم يذهب نحوها ؟ إن انضغاط الهواء لو كان صغيراً فيغفل كالماء ، إذاً لكان جواب هذا السؤال هيناً . فكل الذى كنا نطلبه عند ذلك أن نسأل ، كم يثقل الزئبق عن الهواء ، حجماً بحجم ، وفى درجة من الحرارة واحدة معينة ، ثم نجرى عملية حسابية سهلة تأتينا بالجواب . ولكن الهواء يتمدد ، وهو فى أعالى طبقاته يخف ثم يخف ،وتصغر بذلك كثافته ثم تصغر . ولكن كيف تصغر ، وبأى مقدار تصغر ،وعلى أى قانون تصغر ؟ ثم ما العلاقة بين الكثافة والضغط ؟ وإذا نحن تركزنا على مقدار معين من الهواء ، فسوف نتساءل ما العلاقة بين حجم هذا الهواء وضغطه ؟ وهو سؤال لم يجب عنه«تورتشيلى» ،على ما يظهر ،ولم يجب عنه«پسكال» ، إلا بما شبهها عمود الهواء بعمود من صوف غنم. وبقى من غير جواب حتى جاء « بوييل » فأعطانا من أنتجة تجاربه ما أعطى ،وجاء أصحابه يقترحون تلك العلاقة الأساسية الأولية بين حجم غاز وضغطه . ولرواية هذه القصة لا بد من العودة لحظات إلىمضخة بوييل والى الفراغ الذى أحدثته مضخته بأعلى عمود الزئبق بالبارومتر (شكل ٨) .

نذكر أن تجارب بوييل التى أجراها ببارومتره ومضخته (صحيفة ١٣٠) تضمنت ملاحظات وصفية لم يكن لدقة التقدير خطر فيها ولا قيمة . إنه شغل المضخة فهبط عمود الزئبق . وعاد فأدخل الهواء فعاد العمود إلى ارتفاعه وهذا مثل صادق من الملاحظة التى ننعتها بأنها وصفية . وود بوييل لو يربط بين عدد مرات خفضه ليد المضخة ورفعها وبين مقدار ما ينخفض عمود الزئبق به فى كل إفراغة يحدثها ، ولكنه عجز . وغاية ما بلغ من ذلك أنه كشف أن الوعاء المفرغ هواؤه ، كلما صغر ، كانت الدورة الواحدة تديرها المضخة أفعل فى خفض الزئبق فى أنبوبته (حجم الأسطوانة التى يجرى فيها مكبس المضخة بقى واحداً فى كل هذه الحالات) . وكتب بوييل تقريره الأول عن هذا ، فإذا به يتحسس فى غير جدوى طريقاً يخرج منه إلى ما يريد فلا يجد . والذى كان يريده طريقة ما تصلح للتعبير عن مرونة الهواء ، « زنبرك الهواء » ، تأذن بدخول التفكير الرياضى إليها . ولكن بوييل كان رجل تجريب لا رجل رياضة . من أجل هذا لن نجد غرابة إذا علمنا أن الظاهر أن أول توجيه فى هذه الناحية جاءه أول الأمر من صديق أو صديقين له . فهما اقترحا عليه أن القوة فى زنبرك الهواء منشؤها حجمه . فإذا ضوعف حجم الهواء قلت قوة زنبركه إلى النصف . وعلى العكس . إذا نصف حجم الهواء ، بضغطه ، زادت قوة الزنبرك ضعفاً . فهذا « فرض » عام تستنتج منه الاستنتاجات لتحققها التجارب فتثبتها أو تنفيها ، بشرط أن تكون هناك طريقة لقياس الحجم وتقدير الزنبرك (الضغط) . وكانت لدى بوييل وسيلة ، هى مضخته ومستقبلها والبارومتر ، ولكنها وسيلة عرجاء ، على الأقل بالذى فيها من قلة إحكام ،

ومن تنفيس لم يكن من السهل تدارك أمره . وتنبه بوييل أخيراً إلى طريقة أسهل كثيراً ، هى فى الواقع التى فرضت نفسها عليه ، تلك هى الأنبوبة ذات الشعبتين التى تستخدم اليوم فى كل معامل المدارس لإيضاح قانون بوييل (شكل ٢٣) . وهذه الأنبوبة هى الأنبوبة التى صنعها بوييل فى سبيل دحضه النظرية التى تقول بوجود غشاء هو الذى يرفع الزئبق فى أنبوبته كما سبق أن ذكرنا .

بدأ بوييل بهذه الأنبوبة ومستوى الزئبق فى كلتا الشعبتين واحد ، القصيرة المغلقة والطويلة المفتوحة . وصب بوييل زئبقاً فى الأنبوبة دفعة بعد



(شكل ٢٣)

رسم لجهاز استخدمه بوييل ليجمع الأرقام التى منها يستخرج العلاقة بين الضغط والحجم

أخرى . وبعد كل دفعة قاس شيئين ، أولهما فرق ما بين السطحين ، سطح الزئبق فى الشعبة القصيرة ، وسطحه فى الشعبة الطويلة (شكل ٢٣) وثانيهما المسافة بين الطرف الأعلى للشعبة المغلقة وسطح ما بها من زئبق . أما الشيء الأول الذى قيس فالضغط الحادث من الزئبق على الهواء الحبيس فى الشعبة الصغيرة ، وإذاً يكون الضغط كله الواقع عليه هو هذا مضافاً إليه الضغط الجوى . أما الشيء الثانى الذى قيس فيمثل حجم الهواء الحبيس على فرض أن قطر الأنبوبة واحد فى طولها كله . وحسب بوييل الضغط على الهواء الحبيس فى كل حالة بأن أضاف الضغط الناشيء عن الزئبق إلى ضغط الهواء الجوى عند ذاك ، وعبر عنه بالبوصات من الزئبق . ووجد من ذلك أنه كلما ضاعف الضغط صغر حجم الهواء المحبوس إلى نحو النصف . وإذا هو زاد الضغط أربعة أمثال صغر الحجم إلى نحو الربع . وهو على العموم أثبت أن « الفرض » القائل بوجود علاقة بسيطة بين حجم الهواء وضغطه « فرض » صحيح ، وأن « زنبرك الهواء » يزيد كلما انضغط الهواء حجماً .

وإذا عبر الإنسان عن هذه الحقيقة تعبيراً رسمياً علمياً لقال إن حجم الهواء فى تجربة بوييل يتناسب تناسباً عكسياً مع ضغطه . وإذا نحن رمزنا للضغط بالحرف ض ، وللضغط فى الحالة الأولى بالحرف $ض_١$ ، وفى الحالة الثانية بالحرف $ض_٢$. وكذلك رمزنا للحجم فى الحالتين بالحرفين $ح_١$ ، $ح_٢$ لأمكننا أن نعبر عن هذه النسبة العكسية بالمعادلة :

$$\frac{ض_١}{ض_٢} = \frac{ح_٢}{ح_١} \quad \text{أى أن} \quad ض_١ \times ح_١ = ض_٢ \times ح_٢$$

وهذه علاقة جبرية . والعلاقات الجبرية تكون أسهل فهماً إذا استبدلت حروفها بأرقام حسابية . فلنفرض إذاً أن الضغط فى أول الأمر ، أى ض$_{١}$ = ٣٠ بوصة من الزئبق ، وهو الضغط الجوى فى العادة عند سطح البحر ، وأن الحجم فى أول الأمر ، أى ح$_{١}$ كان ١٠ بوصات إذاً ف ض$_{١}$ × ح$_{١}$ = ٣٠ × ١٠ = ٣٠٠ . فإذا زدنا الضغط إلى ٦٠ بوصة من الزئبق ، وهو ض$_{٢}$ ، لنقص حجم الهواء إلى النصف ، أى لصار ٥ بوصات ، وتكون ض$_{٢}$ × ح$_{٢}$ = ٦٠ × ٥ = ٣٠٠ أيضاً . هذا إذا صدقت المعادلة . وبعبارة أخرى نستطيع أن نقول قولا مبدئياً تقريبياً أن حاصل ضرب ض ح ثابت . وهذه صيغة من صيغ التعبير عن قانون بوييل معروفة .

لقد كان من المعروف فى زمن بوييل أن تسخين مقدار من الهواء يجعله يتمدد فيزيد حجماً ، وأن تبريده يجعله ينكمش فيقل حجماً . وإذا كان بوييل يعلم أن فى تجربته « عاملا متغيراً » له أثره فى تعيين حجم الهواء ، تلك درجة الحرارة . وأجرى بوييل عدداً من التجارب غير الدقيقة أوضح بها أن الهواء ، حتى المضغوط منه جداً ، يزيد حجمه إذ يسخن ، وينقص إذ يبرد . ولكنه لم يحاول ولم يحاول أصدقاؤه أن يعينوا بالقياس تلك العلاقة بين الحجم والحرارة ، وبقيت هذه العلاقة على حالتها هذه من إبهام حتى جاء الوقت الذى دخلت فيه الدقة إلى الترمومتر فجعلت منه مقياساً للحرارة أدق . وسأعود إلى هذا الأمر قريباً . ولكننى أسبق فأقول الآن إن بُحاث القرن الثامن عشر قدروا تمدد الغاز بتسخينه من درجة الحرارة العادية إلى درجات من الحرارة أعلى فوجدوا أنه يتمدد

بمقدار $\frac{١}{٥٣٠}$ من حجمه لكل درجة واحدة فهرنهيتية . لهذ جرت العادة دائماً كلما نطقنا بقانون بو بيل أن نضيف إليه أنه لا يصح إلا فى درجة من الحرارة ثابتة .

وحتى فى درجة الحرارة الواحدة الثابتة دلت التجارب الدقيقة — الدقيقة فى قياس الحجم وقياس الضغط — على أن قانون بو ييل صحيح على التقريب فقط سواء كان هذا فى الهواء أو فى أى غاز آخر . والمقدار الذى يخرج به الغاز عن القانون يختلف اختلاف طبيعة الغاز ، وهذا الخروج يزيد مقداره فى الضغوط التى هى أعلى من ضغط الهواء العادى ، و ينقص مقداره فى الضغوط التى هى أوطأ من ضغط الهواء بلجوى . والواقع أنه لما استخدمت أجهزة غاية فى الدقة ، وأجريت التجارب بكثير من الحذر ، دلت على أن الغاز ، وهو على حال من التمدد تأذن بأن يكون له ضغط صغير يساوى كسراً من الضغط الجوى العادى ، يكاد يطيع القانون إطاعة كاملة .
وقد تكلعنا فى السوائل ، فخلقنا فكرة السائل الكمالى ، السائل الكامل . وهنا نستطيع كذلك أن نتحدث فنقول الغاز الكامل . وكان السائل الكامل تعريفاً هو الذى يطيع قواعد الأدروستاتيكا . و بمثل هذا يكون الغاز الكامل هو الذى يطيع قانون بو ييل . وقد جرى هذا التعبير على ألسنة الفيزيائيين والكيماويين فى المائة الأخيرة من السنين ، بينما التعبير الأول ، السائل الكامل ، قل أن يجرى على اللسان فى هذه الأيام .

فالغاز الكامل إذاً هو الذى فيه ض × ح = ثابتاً ، فى أى درجة من الحرارة معلومة ، وفى أى ضغط من الضغوط كان له أو وقع عليه . إن كثيراً من الأصول العلمية الهامة ، التى تتصل بالآلات التى يحركها البخار

أو الزيت وما إليها ، استخرجت من تجارب خيالية تصورية استخدم فيها هذا الغاز الخيالى التصورى الذى نسميه بالكامل . وهذا النوع من التفكير والاستخراج هو من ذلك النوع الذى استخدمه الأوائل فى علم الأدروستاتيكا ، بفرق أنه لم يتأسس كما تأسس الفكر الأدروستاتيكى القديم على ظواهر عادية يراها الناس بديهية ، كأن يقال إن السوائل تبلغ مستوياتها فى أوعيتها من ذات نفسها ، ولكنه تأسس على نتائج تجارب كالتى قام بها بوييل . وهنا ، فى ما نذكر من تجارب أجريت على المحركات البخارية أو الزيتية (Motors) ، باستخدام فكرة الغاز الكامل ، نرى المزج عظيما بين تقليدين من الفكر عظيمين ، التقليد النظرى الهندسى الرياضى ، والتقليد التجريبى . على أن التقليد الأخير انتهى اليوم إلى أن صار تجريبياً كمياً يعطى من الأرقام ما يكون أساس تفكير جديد .

وقد نختم هذا الحديث عن السوائل ، وعن الغازات ، بالإجابة عن سؤال سبق أن سألته ولم آت له بجواب . وهو : كم يرتفع هواؤنا هذا نحو السماء ليكون منه عمود يوازن عمود الزئبق فى البارومتر ، وطوله ثلاثون بوصة وهو عند مستوى سطح البحر . إنى أذكر القارىء بأن الذى نريده لنأتى بجواب هذا السؤال هو كيف تتغير كثافة الهواء ونحن نصعد فيه إلى السماء ونبدأ فنقدر تقديراً تقريبياً نبنيه على افتراضات معينة . فإذا نحن افترضنا أن درجة حرارة الهواء فى كل امتداده هذا نحو السماء ثابتة — وما هى بذلك — ، وإذا نحن افترضنا أن قانون بوييل ينطبق على الهواء — وهو لا ينطبق إلا تقريبياً — ، إذاً لأمكننا أن نجد أن كثافة الهواء تتدرج فى النقص كلما صعدنا فيه . ولكن حتى مع هذه الافتراضات لم تسهل

المسألة . لم يسهل حسابها ، ولم تسهل رياضتها . ذلك لأننا إذا صعدنا فى الهواء ببالون ، أو بطائرة ، فسوف نجد أن الضغط قل (تجارب پسكال وبريار على جبل بوى دى دوم) . وكلما قل الضغط ، شغل المقدار من الهواء حجماً فوق حجمه الأول (قانون بوييل) . فكيف نصوغ هذا بالأرقام ؟

إن قانون بوييل يمكن تغيير صياغته بحيث يصبح وصفاً للعلاقة بين ضغط هواء ووزنه ، لحجم ثابت لا يتغير . وبذلك نجد أنه عند مستوى البحر يزن الزئبق على التقريب ١٠,٠٠٠ مرة كزنة حجم مثله من الهواء . وعندما نرتفع فى الهواء حتى يصير الضغط نصف الضغط عند مستوى البحر نجد الزئبق يزن ٢٠,٠٠٠ مرة كزنة حجم مثله من الهواء عند هذا الارتفاع ، على شرط أن تكون درجة الحرارة فى الحالين واحدة ، وافتراضاً بأن فرق خروج الغاز عن قانون بوييل فى الحالين من الصغر بحيث يمكن إغفاله . ولكن تعال بعد ذلك فقل لى أى هذين الرقمين استخدمه فى قياس طول عمود الهواء الذى يوازن الثلاثين من بوصات الزئبق التى نجدها فى البارومتر عند سطح البحر ؟ بالطبع لا هذا ولا ذاك .

غير أن الخطأ فى الرقم الأول ، فى ال ١٠,٠٠٠ ، لن يكون كبيراً ، لارتفاع غير كبير من سطح الأرض . وباستخدام هذا الرقم يتنبأ الحاسب على التقريب ، بأن ارتفاع ١٢٠,٠٠٠ بوصة (١٠,٠٠٠) قدم من سطح الأرض يهبط بسطح الزئبق فى البارومتر $١٢٠,٠٠٠ \times \frac{١}{١٠٠٠٠} = ١٢$ بوصة ، وإذاً تقرأ ارتفاع البارومتر فلا تجده ٣٠ بوصة ولكن ٣٠ — ١٢ = ١٨ بوصة من الزئبق ، على ارتفاع ١٠,٠٠٠ قدم . وهذا الحساب ،

حتى وهو حساب تقريبي يرينا أنه عند ارتفاع ١٠,٠٠٠ قدم هبط الضغط هبوطاً كبيراً . هبط فى الواقع إلى ما يقرب من ١٥ بوصة من الزئبق أى إلى نصف الضغط الجوى العادى ، وهبطت بذلك كثافة الهواء إلى نحو $\frac{١}{٢٠٠٠٠}$ من كثافة الزئبق . والواقع أن كثافة الهواء عند ضغط ١٨ بوصة تبلغ $\frac{١٨}{٣٠}$ من كثافته عند سطح البحر ، وعلى هذا تكون كثافة الهواء عند هذا الضغط $\frac{١}{١٦٠٠٠}$ من كثافة الزئبق . وباستخدام هذا الرقم نستطيع أن نحسب فنخرج من الحساب على أنه بالارتفاع من علو ١٠,٠٠٠ قدم إلى ٢٠,٠٠٠ قدم أى بارتفاع ١٠,٠٠٠ قدم أخرى ، لا يسقط البارومتر إلا بمقدار ٧,٢ بوصة أخرى ، ذلك لأن الهواء عند هذا الارتفاع الأخير كثافته أقل منها وهو أقرب إلى الأرض ، وأن البارومتر عند ٢٠,٠٠٠ قدم يعطيك ارتفاع زئبق مقداره ١٠,٨ . وعلى هذا المنوال نستطيع أن نحسب فنجد أنه عند الارتفاع إلى ٣٠,٠٠٠ قدم سوف يهبط زئبق البارومتر ٤,٣ بوصات أخرى أى يصير على ارتفاع ٦,٥ بوصات ويستمر هذا إلى ما لا نهاية له . فإذا نحن ارتفعنا حتى بلغ ارتفاع الزئبق فى البارومتر ثلاث بوصات ، أى عشر ما هو عند سطح البحر ، بلغت كثافة الزئبق منسوبة إلى الهواء عشرة أمثال ما كانت عليه عند سطح البحر ، أى صارت ١٠٠,٠٠٠ . ولو أن كثافة الهواء عند هذا الارتفاع ثبتت فلم تنقص عند ارتفاع جديد لنقصت هذه البوصات الثلاث من الزئبق إلى الصفر بارتفاع جديد مقداره ٢٥,٠٠٠ قدم . ولكن كثافة الهواء لا تثبت عند هذا الحد من النقص ، فهى تزيد بالارتفاع نقصاً ، حتى إذا بلغنا ارتفاعاً بلغ عنده طول عمود الزئبق فى البارومتر ٠,٣ من البوصة — وهذا

ارتفاع خيالى لا نبلغه إلا بالصواريخ ، وهى لم تكن بعد — صارت كثافة الزئبق قدر كثافة الهواء الذى نجد هناك ١٠٠٠٠٠٠ مرة . وببلوغ ارتفاع آخر جديد قدره ٢٥٠٠٠ قدم ، إذا ثبت الهواء عند كثافته هذه ، يهبط طول عمود الزئبق فى البارومتر إلى الصفر . إن قانون بوييل ، لو صح تطبيقه ، لما وجدنا للجو الهوائى نهاية .

إن هذه الطريقة التى بها نحاول أن نعرف ما يكون عليه الهواء فى الطبقات العليا بصعودنا إليها ببالون ، مع افتراض أن الهواء على درجة من الحرارة واحدة ثابتة ، طريقة لا شك غاية فى التقريب . فالحق أن كثافة الهواء تتناقص كلما ارتفعنا بوصة أو بعض بوصة . ولم نكن فى حاجة إلى احتساب نقصها كل ١٠٠٠٠ قدم . فقد وجب علينا نظرياً أن نحسبها ، ونعيد حسابها ، بكل ارتفاع صغير جديد . وإذا نحن احتسبناها لكل ١٠ أقدام نرتفعها ، لكان فى الكثافة خطأ ولكنه يسير جداً ، ولانتهى بنا الأمر إلى صورة واضحة عن الموقف دقيقة دقة لا بأس بها . وبالطبع كلما قصرنا المسافة عن ١٠ أقدام ، كانت النتائج أدق . إننا بصفة عامة نلاحظ أن الضغط كلما قل خف الهواء وكان أرهف . لهذا كلما زاد ارتفاعنا إلى عل قل الضغط بنسبة ذلك . وإذا نحن نظرنا إلى المسألة بعين الرجل الهابط ببالونه ، من مستوى لآخر ، نستطيع أن نقول إن المسافة الرأسية التى يقطعها البالون هابطاً ، فتنقله من ضغط إلى ضغط ، تتوقف على الضغط الأول .

إن مقارنة هذا الذى يحدث فى الهواء ، بمثله الذى يحدث فى الماء ، يُظهر تعارض الحالين تعارضاً كبيراً . إننا إذا نزلنا بمقياس للضغط فى

سائل أمكننا ، بمعرفة كم يتغير الضغط من عمق إلى عمق ، أن نعرف كم بين العمقين من مسافة – على الأقل على تقريب مرض كبير – . ولكن إذا نزلنا فى الهواء ببالون من ارتفاع إلى ارتفاع فإننا لا نستطيع من معرفة الفرق بين الضغطين أن نحسب الفرق بين الارتفاعين ، ووجب أن نعرف فوق ذلك الضغط الذى كان عند الارتفاع الأول . والذى يصح عند ارتفاع ٣٠٠٠٠ قدم لا يصح مطلقاً عند ارتفاع ١٠٠٠٠ . إن الذى استخدم مقياس الارتفاعات البارومترى (barometric altimeter) ليقيس إلى أى علو بلغ وهو يصعد جبلا ، لا بد لاحظ ترتيب أرقامه الغريب ، فهى أرقام أشد ازدحاماً عند الطرف الأعلى منها عند الطرف الأدنى . ومن القراء من يعلم أن العلاقة بين الارتفاع والضغط الجوى علاقة لوغارتمية تقريباً .

إننا باستخدام حساب التفاضل والتكامل نستطيع أن نرى أنه إن زاد « متغير » زيادات صغيرة متوالية (ولنضرب له الارتفاع مثلا) فزاد « متغير » آخر (وليكن الضغط) تبعاً لذلك بنسبة مطردة إلى « المتغير » نفسه (الضغط) ، إذاً فقد خلقت بذلك علاقة لوغارتمية . وإذا نحن رمزنا بالرمز △ ع إلى التغير القليل الحادث فى الارتفاع ، وبالرمز △ ض إلى التغير القليل المقابل فى الضغط ، إذاً لاستطعنا ، بقدر ما ينطبق قانون بويل على حقيقة ما يجرى فى الهواء ، أن نثبت أن $\frac{\triangle ض}{ض}$ تتناسب تناسباً طردياً مع △ ع ، مع العلم بأن ض هى الضغط الجوى عند النقطة من الجو التى نتحدث عنها . فحساب التفاضل والتكامل يمكننا من

تحويل هذه العلاقة ، التى تجوز فقط على تغيرات غاية فى الصغر ، إلى علاقة تجوز على كل تغير . ويخرج عن ذلك معادلات لوغارتمية . ومنها يتضح أن الفرق فى اللوغارتم لضغطين عند ارتفاعين مختلفين يتناسب مع الفرق بين الارتفاعين .

إن هذا البحث الذى أجريناه فى الكشف عما يحدث فى الجو ، لو أنه وقف عند درجة حرارة واحدة ، مثل من الأمثلة التى ترينا ما تستطيع الرياضة أداءه من الخدمات لعلم الطبيعة . وتطبيق قانون بويل على هذه الصورة التى وصفنا ، مثل بسيط جداً من الأمثلة التى ترينا كيف يدخل حساب التفاضل والتكامل فيحل لنا مسألة لم تكن تحل إلا بسلسلة من عمليات حسابية كل نتائجها تقريبى . وإنى أنصح الذين لا يعرفون من قرائى ما اللوغارتم أن ينسوا ما قلت عنه . وأنا ما كتبت الفقرات السابقة إلا لأصف كيف تصنع الرياضة بأرقام الطبيعة ونتائجها . والحقيقة التى لا مراء فيها أن استخدام قانون بويل وتطبيقه على الهواء الجوى على الصورة السالفة ، حتى باستخدام اللوغارتم ، لم ينته إلا إلى نتائج لا تمت إلى الحقيقة إلا من قريب . فنحن فرضنا أن هذا الهواء الجوى كله ، من أسفله لأعلاه ، درجة حرارته واحدة ثابتة ، وما هى بذلك . إنها تتغير تغيراً كبيراً . وغير تغير الحرارة ، تتغير فى الجو رطوبته وجفافه ، وهذا عامل آخر لا بد أن يحسب حسابه . ومع هذا فيمكن القول إنه فى الارتفاعات غير العالية ، حين يثبت ارتفاع البارومتر عند نقطة ما فى الجو فيثبت بذلك الضغط عندها ، فإن القراءة البارومترية تعطينا فكرة عن كل ارتفاع إلى ١٠٠٠٠ قدم أو ١٥٠٠٠ قدم ، أقرب ما تكون إلى الصواب ،

يبلغ الخطأ فيها ١٠٠ قدم أو نحو ذلك . وفى الجدول الآتى مقارنة بين ضغوط أخذت بالقراءة الفعلية من البارومتر ، وأخرى جاءت بالحساب بالطرق التى سبق ذكرها .

الارتفاع بالقدم	قراءات بارومترية (بوصة زئبق)	الضغط محسوباً على افتراضات مبسطة
صفر	٣٠	٣٠
١٠٠٠٠	٢١	١٨
٢٠٠٠٠	١٤	١١
٣٠٠٠٠	٩	٧

ولا بد أن يذكر الإنسان ، أنه على الأرض ، عند سطح البحر ، يتغير الضغط باختلاف طقوس الجو المترولوجية ، وتتغير قراءة البارومتر بوصة أو نحوها ، فكذلك الحال فى هذه الأرقام . فهى أرقام تمثل حالات الهدوء الغالبة .

وقد يتساءل القارئ من بعد هذا ، أحقًّا يوجد حد علوى ينتهى عنده الهواء . والرأى العلمى الحضر يقول نه على بعد بضع مئات من الأميال من سطح الأرض توجد منطقة لا تكفى جاذبية الأرض عندها لربط مايوجد فيها من جزيئات بلأرض . فهذه المنطقة على ما يظهر هى الحد الذى لا يمكن أن يتعداه الهواء ، فهى حد الجو العلوى .

أدوات القياس وخطورتها

إن فهم العلاقة بين الصور الذهنية والمشروعات التصورية، وبين التجريب ، إنما هو جوهر فهم العلم . إن من هذه الصور الذهنية العلمية ما أولدته التجارب الوصفية والملاحظات . وأكثر من هذه عدداً ما أولدته التجارب الكمية ، ولا أظن أنى واجد أحداً يخالف فى هذا . إنما قد يكون لفظ « أولد » لفظاً قاسياً على الحقيقة . ولعل لفظ « نشّأ » لفظ أقرب إلى الصدق ، ذلك أن كثيراً من الصور الذهنية — من الفِكَر العلمية — ما كان موجوداً من قبل فى الناس معنى مبهماً ، ثم تحدد وتبين وارتفع إلى مرتبة الفكرة العلمية بسبب ما جرى فى العلم من تجارب . وهنا يظهر خطر أدوات القياس فى العلم ، وهو خطر كل ما يقال فى تقديره قليل . ولإيضاح ذلك نتخذ مثلا من القرن الثامن عشر .

إن الناظر فى أى كتاب طبيعة ، أى كتاب فيزياء ، كتب للمدارس الثانوية ، يجد فيه حتماً فكرتين علميتين بسيطتين، تصورين ذهنيين ، هما الحرارة النوعية والحرارة الكامنة . وهما معنيان لا يفهمان إلا فى ضوء علاقة لهما بأداة للقياس تعرف بالترمومتر . ودرجة الحرارة معنى هو اليوم من المعانى الشائعة بين سكان العالم المتحضر ، وهذا ما يسهل استعماله بين طلاب المدارس بإدخاله فى كتبهم المدرسية ، وما يسهل على فى كتاب كهذا ، هو للقارئ العادى ، أن أذكر هذا المعنى بدون تفسير فأقول « فى درجة حرارة ثابتة » ولا أبالى . وهذا المعنى ، معنى درجة

الحرارة ، يمكننا تلخيص تاريخه الطويل فى سطور فنقول إنه معنى نشأ من المعنى العادى المبهم الذى يقع فى نفس المرء إذا هو أحس شيئاً أحر من شىء ، أو شيئاً أبرد من شىء . فهذه الحاسة التى أودعت الجسم الإنسانى فجعلته قادراً على التمييز بين الماء الساخن والماء البارد هى أساس من الأسس التى بنى عليها معنى درجة الحرارة فى قصة تاريخها هذه . ولكنه ليس كل الأسس . فهناك من المشاهدات الإنسانية التى لا تتصل باللمس ما شارك فى بناء هذا المعنى . من ذلك أثر النار الذى يجعل الماء يغلى ، وأثر الشعلة النارية فيما تمسه من الأشياء ، كأثرها فى صناعة الزجاج وصهر المعدن . وكذلك اللون الطارئ على الأشياء بزيادة تسخينها ، كأن يصير الحديد بذلك أحمر أو أبيض . وكل هذه مشاهدات تتصل بمعنى النار .

والترمومترات ، وهى مقاييس هذا المعنى ، معنى درجة الحرارة ، عرفت فى الثلث الأول من القرن السابع عشر ، ولكنها لم تصبح مقاييس كافية للقياس إلا بعد ذلك بقرن كامل . وفى نحو عام ١٦٥٠ كان لدى أكاديمية التجريب بفلورنسا (accademia del Cimento) أدوات تشبه أقرب الشبه الترمومترات المستخدمة فى المنازل اليوم ، لولا التدريج الذى عليها . وهذا التدريج أمر ذو خطر كبير . ومن عام ١٦٥٠ إلى نهاية ذلك القرن صنعت ترمومترات ملئت بالكحول أو الزئبق فى أنابيب مغلقة مختومة لها مستودع ولها ساق . وكان لها أشكال عدة ، ولكن الأمر المهم الذى وقع عندئذ هو أن تدريجاً جديداً بسيطاً ابتدع ، أمكن نسخه وتكراره فى كل معمل يحتاج إليه . ذلك أن القرن الثامن عشر ما كاد يهل حتى شاع

استخدام نقطتين ثابتين على الترمومتر تمثلان حالتين من الحرارة يمكن إيجادهما ، وتكرار إيجادهما ، ما شاء الإنسان ، هما درجة سيحان الثلج ودرجة غليان الماء . وسموا درجة سيحان الثلج صفراً ، ودرجة غليان الماء مائة ، وسموا هذا التدريج بالسنتجراد أى المئوى . وفى الوقت نفسه نشأ تدريج آخر عرف بفهرنهيت ، أعطيت فيه لسيحان الثلج درجة ٣٢ ، ولغليان الماء درجة ٢١٢ .

ولن نقف لنفسر الفرق بين التدريجين ولا كيف نشأ . . فالمهم لدينا أنه ما كادت تخرج إلى بُحاث ذلك الزمن أداة للقياس كافية نافعة حتى أخذت تحدث الأحداث . فقبل هذا الأوان كانت تقاس الحرارة بالترمومترات بنسبتها إلى نقطة واحدة عليها ، وكان يغمس الترمومتر فى الشيء ثم الشيء ، فيعرف غامسه أى الشيئين أحر ، ولكنه لم يكن يدرى كم هو أحر. ولكن باختراع هذا التدريج الجديد استطاع الباحث أن يقول كم هو أحر ، معبراً عن ذلك بدرجات مئوية أو درجات فهرنهيتية . وما كادوا يصلون إلى هذا حتى خطرت على الأذهان أسئلة ما كانت لتخطر من قبل ، وبدأ العلماء يتحدثون عن الحرارة فيستخدمون ألفاظاً تحتوى معانى لم تكن موجودة قبلا . وهذه ظاهرة متكررة فى تاريخ العلم تكرراً كثيراً : تخرج على الناس أداة للقياس جديدة فتفتتح بها لهم آفاق للبحث جديدة وتخرج معان جديدة .

إن الفكرة التى تربط المعنى الذى نفهمه اليوم من الحرارة ، بمعنى جسم مادى ، فكرة فى التاريخ عتيقة . إن الصورة التى يميل الفكر الإنسانى بالبداهة إليها إذا هو وقف عند نار فأحسها تدخل فى جسمه هى

أن شيئاً من هذه النار دخل جسمه . والصورة التى صورها أرسطو عن الكون ، تلك التى سادت الفكر الأوروبى إلى القرن السادس عشر ، تضمنت ، وفق أسلوبها ، تلك الظواهر التى ترتبط بمعنى النار ومعنى البارد والحار من الأشياء . ولن نقف هنا لنشرح كيف تتأول عناصر أرسطو الأربعة ، من تراب وهواء ونار وماء ، لتلتقى بمعنى الغليان والسيحان والتجمد والاحتراق ، ولو أن أى تحليل دقيق لمعانى الحرارة ودرجة الحرارة لا يمكنه أن يغفل هذه الآراء التى سادت العالم هذه الأحقاب الطويلة من التاريخ. ولكنه القرن الثامن عشر هو الذى أريد أن أتركز عليه من هذه القصة لأشرح كيف أن أداة للقياس جديدة تخترع ، فتؤثر تأثيراً هائلا فى الفكر العلمى وفى تقدمه .

إن سجلات التاريخ غير وافية ، ولكن الظاهر أن التجارب التى أدت إلى فكرة « الحرارة الكامنة » وفكرة « الحرارة النوعية » قام بها على استقلال على الأرجح ، الأسكتلندى چوزيف بلاك (Joseph Black [١]) ، والإنجليزى ، هنرى كا ڤندش (Henry Cavendish [٢]) وإلى بلاك يرجع لا شك الفضل الأكبر ، لأنه لم يقف عند هذه

---

(١) جوزيف بلاك ، كيماوى وفيزيائى أسكتلندى ، ولد عام ١٧٢٨ ومات عام ١٧٩٩

(٢) هنرى كاڤندش الإنجليزى ، الكيماوى الفيزيائى ، ولد بمدينة نيس بفرنسا عام ١٧٣١ ومات فى لندن عام ١٨١٠ . وكان جد دوقا ، وكان ثرياً ، ومات عن ثروة هائلة . ومع هذا فقد كان غريباً فى أطواره ، يعتزل الناس ، ويكره أن يظهر بشىء بين أقرانه ، أو أن يلتفت إليه أحد . وعلى ثراه عاش عيشة المتقشف الزاهد . ولم يتزوج أبداً . وانصرف إلى العلم فغزا فيه ميادين مختلفة كثيرة .

التجارب بل تابعها ، وتابع فكرتها ، ونشر آراءه عنها فى محاضراته التى ألقاها بجامعة جلاسجو عاصمة أسكتلندة . ولفتت هذه المحاضرات الأنظار لفتاً كبيراً ، لأنها جاءت فوفت بجزء من ذلك الجانب النظرى الذى احتاج إليه « وط » (Watt) عند ما اخترع آلته البخارية . ومما يؤسف له أننا لا نجد فى التاريخ ما يدل على كم أثر « وط » برأيه فى صديقه « بلاك » ، أو كم أثر « بلاك » برأيه فى صديقه « وط » .
وقبل بلاك ، وقبل كاڤندش ، قام جماعة من علماء القرن الثامن عشر يحاولون استخدام هذه الأنواع الجديدة من الترمومترات فى تجارب تقديرية جديدة . وكان مما تساءلوا فيه وطلبوا له جواباً : إذا نحن خلطنا مقدارين من الماء متساويين ، أحدهما فى درجة ٤٠ فهرنهيتية ، والآخر فى درجة ١٠٠ ، فكم تكون درجة الخليط ؟ وإذا خلطنا ماء وزئبقاً ، وهما سائلان مختلفان ، وخلطناهما فى درجات من الحرارة مختلفة ، فكم تكون الدرجة الناتجة ؟ وهلم جرا .

وسأدع جانباً طرق الحجاج الخاصة بخلط مادة بمادة ، وأحاول أن أعطى فكرة قريبة عن معنى الحرارة النوعية أستمدها من تجربة من نوع آخر قام بها بلاك . وهى تجربة يمكن إجراؤها بالمنزل بغير حاجة إلى أجهزة كثيرة . خذ حجمين متساويين من الماء والزئبق ، وضع كلا فى وعاء زجاجى رقيق زجاجه ، وضع ترمومتراً فى كل منهما ، وخذهما إلى خارج البيت فى يوم بارد . واصبر عليهما حتى يصلا إلى درجة ٥٠ فهرنهيتية . ولا تنس تحريكهما بالترمومتر حتى تتجانس حرارتاهما فلا يكون بعض السائل بارداً، بينما الآخر حارًّا . ثم انقل الوعاءين إلى حجرة داخل البيت

دافئة ، درجة حرارتها نحو ٧٠ فهرنهيتية مثلا . وضعهما معاً جنباً إلى جنب على منضدة . واحسب الزمن الذى يأخذه الماء ، والذى يأخذه الزئبق ، ليبلغ درجة الحرارة ٦٠ فهرنهيتية ثم أعد التجربة وقدر هذين الزمنين مرة فأخرى ، وانظر هل تخرج على زمن واحد لكل منهما أم لا .

ولسوف تجد ، إن كنت دقيقاً فى إجراء تجربتك ، ولم يدخل الحظ بسوء فيها ، أنك حاصل فى كل حالة ، فى حالة الماء وحالة الزئبق ، إن لم يكن على رقم واحد متكرر ، فلا أقل من رقم يتفق مع سوابقه فى حدود ١٠٪ من مقاديرها . وأنت واجد أن رقم الزمن الذى تحصل عليه للماء ، ضعف الرقم الذى تحصل عليه للزئبق . ومعنى هذا أن الحجم من الزئبق يسخن أسرع من حجم مثله من الماء ، والظروف واحدة ، وأن الزمن الذى يأخذه الزئبق لبلوغ الغاية من الحرارة هو نصف ما يأخذه الماء . وإذا نحن نسبنا هذه الأزمان ، لا إلى الأحجام ولكن إلى الأوزان ، وذكرنا أن الزئبق أثقل من الماء ١٣,٦ مرة ، إذاً لوجدنا الوزن من الزئبق يسخن أسرع من وزن مثله من الماء ٢٧ مرة (١٣,٦ × ٢) . وهذه النسبة ثابتة للماء والزئبق بصرف النظر عن مقداريهما ، وعن الدرجة من الحرارة التى إليها يرفعان .

وإلى هنا لم يحدث فى الحقيقة شىء كبير . فملاحظات كهذه تأتى عن تجارب كهذه يمكن أن يجرى صاحبها منها ألفاً ، ثم لا يتقدم العلم بذلك شيئاً . وهذا معنى هام أريد أن أؤكده وأؤكده ولو خاطرت بصبر القارىء أن ينفد من جراء تجربة كهذه غاية فى البساطة ، أحملها كل هذا القدر من التحليل . إن القياسات وحدها لا تزيد العلم آراء ، ولا تستحدث فيه

المعانى . وأولئك العلماء الذين قدموا العلم تقديماً كبيراً بواسطة أداة جديدة ، أو أداة حسِّنت أو أعيدت صياغتها ، إنما فعلوا ذلك لأنهم عرفوا ماذا يقيسون ، لأنهم فى الوقت اللازم من الدرامة جاءوا بتصور ذهنى جديد ، أو مشروع تصورى مبتكر ، إنما تكون هذه القياسات لإقامته ودعمه . لقد سمعت قوماً يتحدثون فى شأن حقل من حقول العلم التى لا تزال بكراً ، وعلى الأخص فى علم دراسة الإنسان ، فإذا بهم يقولون : ابتدع أداة للقياس جديدة ، وأت بها بقياسات عديدة ، وتحكم فى كل ما يتغير فى هذه التجارب من عوامل ، ثم قم على نتائجك هذه فرتبها وصنفها ، فإذا بك وجهاً لوجه أمام فكرة فى العلم جديدة ، أو نظرية فى العلم مبتكرة !

فهذا كلام لم أجد أفرغ منه . إنها صورة هازلة لنوع من الظواهر جرى به التاريخ . إن الأداة الجديدة قد تكون خطيرة ، وكثيراً ما كانت خطيرة فى يد أهل الفكر من ذوى الخيال . ولكن تقدم العلم عن هذا الطريق أو عن غيره ليس فيه شىء من مثل هذا الضمان .

ولكن دعنا نعد إلى ما كنا فيه من سرعة تسخين الماء والزئبق . إن من طرق تعسير هذه الظاهرة أن نتصور وجود سائل لا يرى ، له وزن من الصغر بحيث يمكن إغفاله ، وأن هذا السائل يفيض من مكان دافىء إلى مكان بارد بسرعة معلومة . فإن صح هذا التصور ، كان الزمن الذى يأخذه الماء أو الزئبق ليسخن عشر درجات مثلا هو قياس للمقدار من هذا السائل الخفى الذى دخل إلى الماء أو إلى الزئبق ، وكل فى وعائه . وإذاً لجاز أن نسمى هذا السائل حرارة . وجرياً على هذا التصور نستطيع أن نقول إن الماء والزئبق لهما سعة مختلفة لاستيعاب الحرارة ، ذلك لأن

الزمن الذى يحتاج إليه الماء ليرتفع عشر درجات أكبر ٢٧ مرة من الزمن الذى يحتاج إليه الزئبق ليرتفع هذه العشر من الدرجات . وفكر « بلاك » بمثل هذا الأسلوب أو بعضه ، فأدى به التفكير إلى فكرة « الحرارة النوعية » . والحرارة النوعية كمادة يمكن تعريفها بأنها اتساع هذه المادة ، أو سعتها للحرارة ، مقارنة بالماء، وزناً بوزن . وإذا نحن اعتبرنا فرضاً أن الحرارة النوعية للماء١ ، كانت الحرارة النوعية للزئبق نحواً من $\frac{١}{٢٧}$ أو نحو ٠,٠٣٧ وهى بالقياس الدقيق ٠,٠٣٣ .

وفكرة الحرارة النوعية ، كما قد يظهر من أمرها ، تستطيع أن تعيننا فى حساب درجة الحرارة الناشئة عن خلط سائلين ذوى درجة من الحرارة مختلفة . فمثلا إذا خلطنا حجمين من الماء والزئبق ، كانت درجة حرارة الماء ٤٠° ف ، ودرجة حرارة الزئبق ٨٠° ف ، فإن درجة حرارة الخليط لن تكون الدرجة الوسطى بين الـ ٤٠° والـ ٨٠° ، أى لا تكون ٦٠° . وهى فى واقع الأمر ٥٢° ف ، ما دام أن الحرارة النوعية للماء ١ ، والحرارة النوعية للزئبق ٠,٠٣٣ . وهذا النوع من الحساب تحققه التجربة . والواقع أن هذه التجربة ظلت سنوات هى أدق تجربة لتعيين الحرارات النوعية لمختلف الأجسام .

كذلك استطاع بلاك وأهل زمنه أن يأتوا بأقيسة تتصل بالظاهرتين ، تجمد الماء وغليانه ، وأن يختاروا لكل صياغته المناسبة . وهنا أيضاً نأتى بتجربة بسيطة منزلية نوضح بها كيف تولدت فى العلم صورة ذهنية جديدة . ضع وزناً معيناً ، وليكن أوقية ، من الثلج المبشور ، وضعه فى كوب من زجاج رقيق الجدران ، وضع الكوب بثلجه فى حجرة دافئة ،

ولتكن حرارتها ٧٠° فهرنهيتية . وقلب الثلج من وقت لآخر ، وقس درجة حرارته على طول الزمن حتى يذوب . وسوف تجد أن الترمومتر يحتفظ برقمه ، وهو ٣٢° فهرنهيتية تقريباً ، حتى يذوب الثلج كله ، ولو طال زمانه . فكيف نفسر ما حدث إذا نحن استخدمنا نفس المعانى التى سبقت فى تفسير الحرارة النوعية ؟ نقول إن الحرارة بالحجرة كانت تفيض إلى الثلج فتحيله إلى ماء . ولكن كم منها فاض إلى الثلج ؟ وهل نستطيع تقديره ؟ والجواب نعم . نستطيع تقدير الحرارة التى فاضت إلى الثلج ، تقديراً نسبياً . وهذه طريقته : ضع أوقيتين من الثلج مع أوقيتين من الماء الذى سبق تبريده إلى ٣٣° — ٣٤° ف ، أى ما يقرب بقدر الإمكان من درجة الثلج إذ يذوب ، ضعهما معاً فى كوب من زجاج رقيق . وفى كوب آخر ضع ٤ أوقيات من الماء فى درجة ٣٣° — ٣٤° ف . وضع الكوبين جنباً إلى جنب ، على منضدة ، فى حجرة درجة حرارتها ٧٠° — ٧٥° ف . وسوف تجد أن أوقية من أوقيتى الثلج تذوب فى نحو ساعة ، ويزيد بذلك ماء هذا الكوب من ٢ إلى ٣ أوقيات . وسوف تجد أن الماء الذى بالكوب الثانى قد ارتفع ما بين ٨ إلى ١٠ درجات فى الربع الساعة الأول ، أى بسرعة ما بين ٣٢ درجة وأربعين درجة فى الساعة . ويمكن اتخاذ هذه الدرجات مقياساً للذى دخل الماء من حرارة . فإذا صحت فكرة الحرارة النوعية لكان تسخين ٤ أوقيات من الماء ما بين ٣٢ و ٤٠ درجة يعادل تسخين ما بين ١٢٨ و ١٦٠ أوقية من الماء درجة واحدة فهرنهيتية ، من حيث مقدار الحرارة المبذول . فهذا المقدار هو ما يظهر مقدار ما احتاجت إليه أوقية من الثلج لتذوب . وسمى « بلاك » هذا المقدار « الحرارة

الكامنة للذوبان » . وقد قاسها بطرق عدة منها هذه التجربة عينها الموصوفة وكثيراً ما نسميها حرارة الانصهار . وإذا نحن اتخذنا وحدة الحرارة ذلك المقدار منها الذى نحتاج إليه لرفع وزن من الماء عدداً معيناً من الدرجات ، إذاً لأمكننا أن نقدر حرارة الانصهار بهذه الوحدة .

وبمثل هذا نستطيع أن نطبق معنى الحرارة الكامنة فى ظاهرة الغايان . والذى خرج من التجارب أن المقدار من الحرارة اللازم لتحويل رطل من الماء إلى بخار هو نفس المقدار اللازم لرفع حرارة ٩٧٠ رطلا من الماء درجة فهرنهيتية واحدة . وهو المقدار من الحرارة الذى يعطيه رطل من البخار إذا تكثف — ويمكن تقدير هذا بإمرار بخار فى مقدار من الماء وقياس ما ارتفع به الماء من درجات بسبب تكثف البخار فيه — .

إنى فى شرح فكرة الحرارة النوعية ، والحرارة الكامنة ، استخدمت مشروعاً تصورياً يتضمن افتراضاً بأن الحرارة سائل خفى من نوع ما . ولكن هذا الافتراض بأن الحرارة سائل ليس جزءاً جوهرياً فى الحجة التى سقناها . وكل الناس يعرف الآن أن العلم يرجع أمر الحرارة إلى تحرك جزئيات المادة ، إلى تحرك الأجسام الصغيرة التى يتألف منها كل جسم . ومع هذا فتصور أن الحرارة شىء يستطيع أن يسيل ويفيض ساعد على الأرجح كثيراً فى تنشئة الصورة الذهنية للحرارة النوعية وللحرارة الكامنة . على أنه ما انتصف القرن التاسع عشر حتى اطرحت كل اطراح تلك الفكرة التى تتصور وجود « سائل حرارى » يوجد منه فى الجسم الدافىء أكثر من الجسم البارد ، ويدخل إلى جسيمات الثلج الصغيرة فيحيلها الى ماء .

إن قصة نظرية الحرارة ، فى صعودها وهبوطها ، قصة لا شك نافعة

دراستها لأكثر من سبب . ولكن دراستها إلى أكثر مما فعلنا تحتاج إلى كلام كثير يطول ، لهذا قصرت قولى ، لا على المشروع التصورى للحرارة ، ولا على النظرية الحرارية ، ولكن على صورتين ذهنيتين منها عاشتا فوق ما عاشت النظرية على صورتها القديمة الأولى . فتعريف الحرارة النوعية وتعريف الحرارة الكامنة هما فى يومنا هذا مثل ما كانا فى عهد « چوزيف بلاك » ، لم يتغير منهما جوهر . وهما صورتان من صور الذهن صاغهما باحث كبير البصر نافذ البصيرة ، من نتائج تجارب تقديرية ، حفزته إلى إجرائها أداة للقياس جديدة . وبشىء بسيط جداً من الحساب استطاع هو وتابعوه الأقربون أن يجدوا طريقة يحسبون فيتنبأون بها بعدد عظيم من الظواهر الحرارية . وقبل اختراع الترمومتر لم تكن هناك معان متجمعة مترابطة متناسقة ترتبط بالحرارة وبدرجاتها . وقبل مضى جيل على اختراعه وجدت كل هذه المعانى وترابطت فى نسق عظيم نافع مرض جميل وفى رأيى أنه لا يوجد مثل أحسن من مثل « چوزيف بلاك » وما عمل فى الحرارة ، به تتوضح العلاقة بين أدوات القياس ، والتجريب التقديرى ، والفكر العبقرى ، وخطرها جميعاً فى تقدم العلوم .

الحقائق الرياضية والمعرفة المحتملة

إن الأرقام المستخرجة من التجارب ، مهما تكن أداتها وجهازها من الدقة معرضة للخطأ دائماً . وهذا الخطأ يمكن « تصحيحه » بمراقبة ما يكون فى كمية مقيسة ، كدرجة الحرارة ، من خطأ ، ثم إجراء حساب مناسب

مؤسس على قياسات أخرى . وهذا النوع من الإجراء ضربنا له مثلا عند ما تكلمنا عن تقدير الأعماق فى الماء بتقدير الضغوط المائية عند هذه الأعماق . ولكن عدا هذا النوع من الأخطاء توجد أخطاء تتصل بالقياس نفسه ، فقل أن يحصل الباحث على قياس ، فيكرره ، فيحصل على نفس القياس بالضبط مرة أخرى . وهو عند كتابة نتائجه يكتبها ومعها مقدارمن الخطأ محتمل ينعته « بالزائد أو الناقص » . مثال ذلك رجل يقيس مسافة بشريط مدرج ، سوف يجد دائماً أنه كلما قاس خرج برقم يختلف عن الرقم الذى خرج به أولا ولو اختلافاً قليلا ، فيقول إن هذه الحجرة طولها ١٠ أقدام وعشر بوصات ،ولكنى غير واثق من كسر من البوصة يزيده هذا الطول أو يقله . وهو يستطيع بالتقليد الحسابى أن يعبر عن هذا فيقول إن طول الحجرة ١٠ أقدام و ١٠ بوصات + ٠,٥ من البوصة ، ومعنى هذا عنده أن طول الحجرة الصحيح يقع بين مقدارين أحدهما ١٠ أقدام و ١٠,٥ بوصات والآخر ١٠ أقدام و ٩,٥ بوصات .

وقد يسأل سائل فيقول إلى أى درجة نطمئن إلى أننا إذا أعدنا تجربة فسوف نحصل على نفس النتيجة التى حصلنا عليها أولا . إنا عالجنا هذه المسألة فى باب سبق ، وقلنا إن اطمئنانا إلى أن تكرار تجارب الطبيعة سيأتينا بنفس النتائج ، أو بمعنى آخر إن إيماننا بوجود التجانس فى طبيعة هذا الكون،نبتت جذوره عند الناس عامة فيما بينهم من حس بالطبيعة مشترك ، مكتسب بالخبرة ، يؤمن بداهة بتجانس هذه الطبيعة واطرادها ، فهو لا يطلب على ذلك برهاناً . ولكن من الفلاسفة الأحدثين من يعتقد أن كل معرفة مكتسبة بالخبرة ليست إلا معرفة محتملة الصواب ،

على أى شكل صنعناها ، وسواء صنعناها بلفظ ميسر مما يفهم الناس جميعاً ، أو لفظ علمى مدغل لا يفهمه إلا العلماء . وإنى أحسب أنهم صادقون . فكل المعارف التى نعلمها عن العالم الطبيعى تمتد على شريط أشبه شيء بشريط الطيف الضوئى ، وهى تتدرج عليه من « محتمل » إلى أكثر « احتمالا » ، حتى إذا بلغت أقصى الطرف صار احتمال صوابها أكبر احتمال فنسميها فى مزاجنا العقل العادى « ثابتة كل الثبوت » . ولكن نوع العرفان الذى يتمثل فى الرياضة يعتبره أهل الرأى اليوم نوعاً آخر من المعرفة غير ذلك النوع . وهذا النوع ثابت لأنه مشتق بالمنطق من جملة من تعاريف مسلم أول الأمر بها . وغير ذلك كان يرى الفلاسفة فيما قبل القرن التاسع عشر . ولكن اكتشاف أنواع مختلفة من الهندسة وما تلا ذلك من أعمال قام بها المناطقة، ساق كثيراً من الناس إلى القول بأن حقائق الرياضة لا تختلف عن حقيقة نقررها بقولنا إن القدم = ١٢ بوصة .

إن النظريات الهندسية « لإقليدس » مشتقة من افتراضات . ولكن النظريات الأخرى مشتقة من مجموعة أخرى مختلفة من الافتراضات . والهندسة الإقليديسية ، على درجة أولى من التقريب ، تمثل ما نجد فعلا إذا نحن رسمنا أشكالا هندسية على سطح « مستو » ، وتمثله تمثيلا صحيحاً . والتقريب هنا قريب جداً ، لا شك فى هذا . ولكن « حقائق » إقليدس كغيرها من « حقائق » الهندسيات الأخرى — وهى التى لا تمثل أشكالا على سطوح مستوية — مستقلة كل الاستقلال عن كل قياس فعلى . وعند ما نبحث فى المسافات الكبيرة الهائلة ، وفى الجسيمات ذات السرعات العظيمة المتناهية ، يظهر لنا ما يدعو إلى الشك فى كفاية الهندسة الإقليدية

فى صياغة ما يخرج عن هذه من نتائج . ولكنا هنا نبلغ مرة أخرى إلى الحد الذى عنده نلتقى بنظرية النسبية والطبيعة الكونتامية أو القنطامية (quantum physics) ، وهى مناطق فى البحث جد عسيرة . ويكفى لأغراضنا الحاضرة أن نقول إن الرياضة تعالج أفكاراً مجردة . وإن علاج هذه الأفكار بعمليات المنطق تنتج عدداً هائلا من أدوات قوية يمكن استخدامها بعد ذلك فيما يتعلق بالنتائج التى تكشف عنها الملاحظة أو تكشف التجربة.

إننا عالجنا فى هذا الباب موضوعين، موضوع الأدروستاتيكا، أى موازنة السوائل ، وموضوع قانون بوييل ، وكان الغرض من ذلك أن نبين كيف تعين الأفكار المجردة الرجل التجريبى عوناً كبيراً . ففكرة السائل الكامل ، والغاز الكامل ، كانت لهما فوائد عظمى للذين درسوا الماء ودرسوا الهواء . وكان الغرض كذلك أن نبين أن الرياضة تأتى بصياغات نستطيع فيها أن نصب ما تأتينا به الملاحظات والتجارب من نتائج ، أن الصور والفكر الذهنية ، وكذلك المشروعات التصورية من فروض تفرض ونظريات تصاغ — ومنها تتألف لحمة العلم الحديث وسداه — ليست إلا مزيجاً غريباً من حقائق رياضية ونتائج كمية من ثمرات التجارب ، فالرجل الرياضى ، وصانع الأدوات والأجهزة العلمية، وصاحب التجربة ومجريها ، كل هؤلاء كان لهم نصيب فى إخراج هذا المزيج الغريب .

إنا فيما تبقى من هذا الكتاب سوف لا نتحدث إلا قليلا نسبياً عن القياسات الكمية ، ولا نكاد نتحدث شيئاً عن الرياضيات مباشرة ، وذلك بقصد ألا يثقل جانب منه ويخف جانب . ومع هذا فسوف نسلم بأن القارئ يعلم أن المشروعات التصورية ، من فروض علمية ونظريات ،

لم تكن ممكنة إلا بالذى جاءت به الرياضيات من أدوات جديدة ، وما ابتدع الفكر من وسائل للقياس مبتكرة . إن كتاباً كالذى نحن فيه، يهدف فيما يهدف إلى إيضاح ما ، العلم يصعب فيه جداً أن يوازن كاتبه بين الجانب النظرى منه والجانب العملى، موازنة تمنع كل المنع أن يرجح جانب بجانب . وأصعب من هذه أن يشيد بخطورة الجانبين ، الوصفى والكمى ، فى تفكير وفى تجريب . وكل ما يستطيعه المرء أن يؤكد أن تاريخ العلم الحديث يرينا أنه لا يوجد طريق للتقدم واحد ، طريق فذ مأمون يشير إليه المشير ويقول هذا هو ولا شىء سواه . فالتقدم الذى حدث فى العلم جرى أحياناً على أسلوب معين فجرى سريعاً ، ثم على آخر فجرى بمثل سرعته . إن الرياضة والقياس لا يعبدان عبادة ، ولكن كذلك لا يمكن إغفالهما ، فحتى الرجل العادى لا يستطيع ذلك .

الباب السابع

أصل مشروع تصورى

الثورة الكيماوية

ليس فى هذا الباب شيء من رياضة . ومع هذا فالقارئ الذى يعرف قليلا أو لا يعرف شيئاً أصلا من العلم سيجد أن هذا الباب عسير الفهم . ذلك أن الذى سوف أحاول تلخيصه هنا إنما هو ثورة علمية من الدرجة الأولى . ولا نبعد إذا نحن قلنا إنها ثورة تمخضت عن ولادة الكيمياء ، فلافوازييه Lavoisier[1] ، بطل هذه القصة سموه من زمن بعيد أب الكيمياء الحديثة .

ولست راوياً هذه القصة على أنها موقف من مواقف العلم الحاسمة ، ولو أنها كذلك . وإنما أنا أرويها لأشرح بها كيف تخطو النظرية إلى النضج درجات بناء على ما يخرج من التجارب من نتائج . فمن حسن الحظ أن لدينا سجلات قد دون فيها كل ما صنعه لافوازييه وهو يخطو بآرائه إلى الأمام خطوة خطوة . كذلك سوف نرى مما سوف أحكى ما فى تفسير

(١) هو أنطوان لوران لافوازييه، الكيماوى الفرنسى . ولد عام ١٧٤٣ وقطع رأسه فى الثورة الفرنسية عام ١٧٩٤ . وفى هذا الكتاب كثير من أعماله العلمية ، ولكنه اشتغل إلى جانب أعماله العلمية بأعمال إدارية، منها ر سة مصلحة الضرائب التى كانت تجمع للملك الأموال . وبهذه الصفة أدانته الثورة .

نتائج التجارب من صعوبات كبيرة ، فلاڤوازييه كان على وشك أن يخطو في مشروعه التصورى آخر خطوة ، فإذا به يزاغ عنها بسبب تفسير خاطئ لتجربة .

وسوف نتناول وقائع هذه القصة فى تفصيل ، وفى أناة ، كما يهدأ من سرعة الصور السينمائية على الشاشة ليرى الناس وقائع جرت فى ساحة اللعب ، لعب كرة أو غير كرة ، تفصيلا بعد أن رأوها إجمالا ورأوها خطفاً . وللقصة أكثر من وجه ممتع . فمنها سيرى القارئ أن لكل تجربة زمانها ، فهى لا تثمر إلا إذا نضج الزمان لها . وسيرى حاجة الباحث إلى التحكم فى « العوامل المتغيرة » فى تجاربه ، وهذه تعنى عند الكيماوى فى أغلب الأحيان الحرص على نقاء مواده . وأخيراً سوف يرى كيف أن مشروعاً تصورياً كاذباً يقوم فيسد الطريق زماناً فى وجه مشروع آخر صادق ، ثم كيف يقوم الناس يمدون فى حياة مشروع تصورى ، قضى عليه بالموت ، بالذى يفترضون لساعتهم من افتراضات لا تغنى آخر الأمر من الموت شيئاً .

ولعل أسهل طريقة لفهم هذه الثورة الكيماوية التى تتصل باسم لاڤوازييه أن نصف أولا ظاهرة الاحتراق بلغة العصر الحاضر ، ثم نذكر بما كانت توصف به من أوصاف مغايرة سادت العالم العلمى قرابة قرن كامل .

إن كل طالب فى مدرسة ثانوية درس الكيمياء « يعلم » أن الهواء مزيج من إكسجين وأزوت (نتروجين) ، وقليل من غازات أخرى ، وأنه إذا اشتعلت شمعة أو احترقت فى فم رجل سيجارة خرج منها نار وخرج ضوء

وخرجا مما حدث من تفاعل كيماوى اشترك فى إحداثه الأكسجين . ويسمى هذا التفاعل بالاحتراق . ونحن إذا أحرقنا شيئاً فى حيز من الهواء محدود ، توقف الاحتراق بعد حين لنفاد ما بالهواء من أكسجين . فما هو هذا الشيء الذى يحترق ويدخل فى احتراقه الأكسجين ؟ سوف نجد من الطلبة من يجيب عن هذا السؤال فيقول إن الذى يحترق مجموعة من مركبات فحمية ، من مركبات كربونية . وسنجد من الطلبة من يستطيع أن يضيف إلى هذا أن أنتجة الاحتراق هى ثانى أكسيد الكربون (ا$_{٢}$ك) وماء (ا يد$_{٢}$) . ونحن إذا سخنا شيئاً من القصدير حتى ساح ، ثم زدناه تسخيناً ، وأبقيناه على ذلك مدة ، تغطى سطحه بشيء من خبث يطفو فوقه ، هو ظاهراً شيء غير القصدير . فما الذى حدث هنا ؟ وسيجيب الطالب النجيب عن هذا السؤال بأن الذى حدث هو أن القصدير اتحد بأكسجين الهواء ، فتكون أكسيد ، هو ذلك الخبث الذى ظهر على سطح القصدير . ثم هبنا نسخن هذا الخبث ، هذا الأكسيد، ومعه شيء من الكربون ، فما الذى يحدث ؟ يحدث أن الكربون يأخذ الأكسجين من أكسيد القصدير ، فيكون أكسيد الكربون، ويترك القصدير فلزاً خالصاً . وقد يزيد بعض الناس ، ممن علم من الكيمياء فوق علم الناس، أن هذا هو الذى يحدث فى خامة الحديد ، وهو أكسيد ، فإن خلطها بالفحم ثم إحماءها يترك لنا الحديد عنصراً .

كل هذه أشياء بسيطة ، وأنت تستطيع أن تكلف طلاب المدارس الثانوية فيقومون لك فى معاملهم بإثباتها . ولكن الأمركان غير تلك الحال فى العقد الثامن من القرن الثامن عشر .

فى ذلك العهد لم تكن لتجد فيلسوفاً واحداً ، أو عالماً تجريبيّاً واحداً من مائة ، يستطيع أن يعطيك جملة واحدة من هذا التفسير الذى نذكره ونعتبره اليوم هو « الصحيح » . إنهم بدلا من ذلك كانوا يتحدثون إليك فى ثقة العلماء الأفذاذ عن شيء سموه « الفلوجستون » Phlogiston وهو اسم غريب على كل قارئ لهذا الكتاب ، إلا الكيماويين منهم . وفى أى زمان كانوا هكذا يتحدثون ، وعن تفسير شيء بسيط كالاحتراق كانوا يعجزون ؟ إنهم هكذا تحدثوا ، وهكذا عجزوا ، بعد زمان نيوتن بمائة عام . وهذه الحقيقة يجب أن يتأملها ، وأن يقف عندها طويلا ، أولئك الذين يريدون فهم العلم ، ثم هى يتحدثون عن « المنهج العلمى » ويتحدثون كثيراً ، وفى ذلاقة عجيبة .

إن الثورة الكيماوية زامنت على التقريب الثورة الأمريكية ، وكادت تتصل بالثورة الفرنسية التى جاءت من بعدها . إن لافوازييه ، ذلك الرجل الذى صنع وحده الثورة الكيماوية ، بما ابتناه على ما صنع سابقوه ، قطع رأسه فى الثورة الفرنسية بحكم من محكمة الثورة عام ١٧٩٤ . ولم يكن كره المبادىء الجوهرية التى جاءت بها تلك الثورة ، ولا خصما للذى أحدثته من انقلاب . وقد يقال إنه اغتيل بسبب ما وشى به زميل عالم له (فوركروى Fourcroy)[١] ، وكان على الأقل مناصراً شديد

(١) هو انطوان فرانسوا دى فوركروى ، كيماوى فرنسى ، ولد عام ١٧٥٥ ومات عام ١٨٠٩ . احترف الطب ، ثم جنح إلى الكيمياء . واتصل بلافوازييه فى بعض بحوثه . ولما جاءت الثورة الفرنسية اختير نائباً عن باريس فى المؤتمر القومى . ولما جاء نابليون وجد له مكاناً فى مجلس الدولة .

المناصرة لحكومة ذلك العصر . إن هذه القصة ، قصة الثورة الكيماوية ، تمتلىء هوامشها بأحداث للتاريخ رائعة مشوقة . ورجل آخر ظهر سامقاً فى مناقشات تلك النظريات القائمة عندئذ ، عند خواتيمها ، ذلك پريستلى (Priestley [١]) ، وكان قساً نصرانياً من فرقة الموحدين (unitarians) التى تنكر عقيدة التثليث . ومنحته الجمعية الفرنسية ، فى عهد الثورة ، صفة المواطن ، تشريفاً له . وهرب من جمهور صاخب ساخط عليه فى إنجلترا ، وذهب إلى أمريكا ، وفعل هذا فى نفس العام الذى قطع فيه رأس لاڤوازييه . إن أواخر القرن الثامن عشر مليئة بالحوادث التى جمعت بين السياسة والعلم . ولكن ليس هذا الساعة من همّنا .

وقبل تتبع الخطوات التى خطاها لاڤوازييه حتى أوصلته إلى مشروعه التصورى ، إلى نظريته فى الاحتراق ، يجب أن نذكر من أى شىء بدأ . إنه وهو وأهل زمانه كانوا قد ورثوا نظرية احتراق تسمى نظرية الفلوجستون ، وهى تتعارض والنظرية التى انتهى إليها لاڤوازييه كل المعارضة . والواقع أن عنوان هذا الحديث جاز أن يسمى سقوط نظرية الفلوجستون وقيام نظرية الأكسيجين لتحل مكانها ، لأن هذا المشروع التصورى الذى ابتدعه لاڤوازييه جعل نظرية الفلوجستون لا ضرورة لها . ومع هذا

---

(١) هو جوزيف بريستلى ، الإنجليزى ، جمع بين اللاهوت والعلم . ولد عام ١٧٣٣ ومات عام ١٨٠٤ . واشتهر بأنه أول من حضر الأكسيجين . وبحث فى الكيمياء ، وكتب فى الفلسفة وفى اللاهوت وفى السياسة . وكانت آراؤه الدينية غير السائدة ، وكرهها الناس . وناصر الثورة الفرنسية فأحرق الغوغاء بيته . وأبحاثه العلمية التى تستند إليها فى الأصل شهرته من النوع الشتيت الذى تميزت به بحوث ذاك الزمان .

فأهل زمانه لم يدركوا بالسرعة الواجبة ما حدث ، ولا ما كان به من خطورة . والوقفات التى وقفوها آخر مرة للدفاع عن نظرية الفلوجستون – وسوف ندرسها فى هذا الباب – مثل رائع من قوة تماسك يجدها المرء دائماً فى الآراء القديمة ، تحاول بها الإبقاء على الحياة بعد أن قضى عليها .

معنى النظرية الفلوجستونية وخطورتها

لا بد أن ندرك قبل كل شىء أن هذه النظرية كانت فى زمانها خطوة إلى الأمام لا شك فيها . ففى القرنين السادس عشر والسابع عشر وجد رجال كان من همهم أن يصنعوا شيئاً من ذلك العلم الذى نسميه اليوم بالكيمياء . ولكنهم كانوا من بوادر هذا العلم فى شبه غابة كثيفة ، كثيرة الأدغال ، متشابكة الأشجار مبهمة طرقاتها ، فلم يعرفوا كيف يدورون . وكانوا ورثوا من الكيماويين القدماء ومن رجال الحرف ، وعلى الأخص من العاملين فى المعادن ، مقداراً ضخماً من الحقائق غير مترابط ، وأفكاراً عن العناصر غريبة غير مفهومة . وعناصر أرسطو ، من تراب وهواء ونار وماء ، كانت لا تزال فى سماء الفكر كالسحب السوداء تملأ فتحجب الفضاء . وجاء بويل ، وفى كتابه الذى سماه The Skeptical Chymist عرض ما ساهم به فى العقد السابع من القرن السابع عشر فى فك تلك الطلاسم التى جمعت بين الحقيقة والخيال يماسك بينهما ألفاظ غريبة لا مفهوم لها ولا معقول . ولعل الخير فى أن ننظر الآن فى بعض الظواهر العادية التى كان على نيوتن وأهل زمنه فى أواخر القرن السابع عشر أن

يفسروها ، أعنى أن ينسقوها فى نسق واحد مؤتلف ، فى مشروع تصورى واحد . كانت المعادن[١] تستخرج بتسخين بعض المعدنيات مع الفحم البلدى ، وهى طريقة القدماء الأقدمين فى تحضير المعادن صهراً من خاماتها . وكانت المعادن ، أى الفلزات ، تختلط فى نظر الناظر لأول وهلة ، ذلك لأن مظاهرها متشابهة — وحتى اليوم نجد تقسم العناصر إلى عناصر فلزية وغير فلزية يأتلف مع الرأى الباده للناس — . ومن الأجسام غير هذه ما سموه تراباً ، وهى تسمى اليوم أكاسيد ، ومنها أجسام كالفحم والكبريت سموها أصول احتراق . ومن التراب ما أحموه مع فحم الخشب فجاءهم بفلزات ، أى معادن . وهذه العملية كثيراً ما جرى عكسها ، فإنه كثيراً ، وليس دائماً ، ما سخن فلز كالقصدير فأنتج شيئاً كالتراب . ومن هذا التراب الذى جاء اصطناعاً ، ونسميه بلغة هذا العصر الحاضر أكسيداً ، كان فى الإمكان استرداد الفلز منه بتسخينه مع فحم . والتراب الخالص كالذى هكذا ننتجه قد يسمى كلساً Calx ، وإذاً فالعملية التى أنتجته تسمى تكليساً .

فبأى وسيلة يمكن تنسيق كل هذه الحقائق التى ورثوها عن القرون الوسطى ، وما قبل القرون الوسطى ؟ أمكنهم تنسيقها ، أو هكذا ظنوا ، بابتداع أصل جديد أسموه الفلوجستون ، وهو أصل أشبه ما يكون بأحد أصول أرسطو الأربعة القديمة ، بعناصره الأربعة القديمة : تراب وهواء

(١) نقصد بلفظ المعدن الحديد والنحاس وما إليهما ، وهو الفلز باللغة الكيماوية البحتة . ولكن لفظة المعدن وهى لغة غير الفلز ، جرت عند الناس بمعنى الفلز ، وليس باستطاعة أى مجمع لغوى اختطافها من أفواه الناس ووضع لفظة فلز فى هذه الأفواه مكانها .

ونار وماء. وكان أشبه بالنار، ولو أن علاقته بها لم تتضح أبداً. إن الذين أرادوا أن يدخلوا شيئاً من الصفاء فى هذا العماء أحسوا أنه لا بد من وجود شيء مشترك بين كل هذه العمليات، أعنى استخراج المعادن من « أتربتها »، من كلساتها، ثم ردها إلى هذه الكلسات. وقالوا: فلنسم هذا الشيء المشترك بالفلوجستون. فإذا أنت أضفت الفلوجستون إلى الكلس تكون الفلز، أى المعدن. واذا أنت انتزعت هذا الفلوجستون من المعدن استرددت الكلس. فالفلوجستون عندهم أصل مفلِّز، أى قالب الكلس إلى فلز. ولا غرابة فى رأى كهذا، فهو الرأى الباده الذى يتفق عند الناس مع ظواهر الأمور. ذلك أن الذى يوجد فى الطبيعة ليس الفلزات وإنما أكلاسها، سوى الذهب وبعض فلزات أخرى فى ظروف خاصة. وبدا لهم بناء على هذا أن هذه الأكلاس لا بد أن تكون أبسط مما يخرج منها من فلزات. وبدا لهم كأن شيئاً لا بد من إضافته إلى هذه الأكلاس لتنتج الفلزات. وبما أن الفلزات أشباه، ظاهراً، فلا بد أن بينها شيئاً مشتركاً. قال بيشر Becher[1] وقال معه تلميذه شتال Stahl[2]

---

(١) هو جوشيم جوهان بيشر، ألمانى، مارس الكيمياء والطب ونشر الكتب، وجمع إلى هذه حب المغامرات. فكانت حياته كشكولا غريباً، وتنقل بين بلاد أوربا هرباً للذى كان يحدثه من أزمات. ولد عام ١٦٣٥ ومات عام ١٦٨٢.

(٢) هو جورج إرنست شتال، الطبيب الكيماوى الألمانى، ولد عام ١٦٦٠ ومات عام ١٧٣٤. تخرج فى الطب من جامعة يينا، وصار طبيباً ببلاط دوق فيمار. ثم صار أستاذاً للطب فى هله، ثم طبيباً لملك بروسيا. اشتهر بنظرية الفلوجستون فى الكيمياء، وكان له رأى فى التخمر يشبه رأى ليبج الذى جاء من بعده بمائة وخمسين عاماً.

وإذاً فلنسم هذا الشيء المشترك بالفلوجستون[١] ، ونشرا ذلك فى سلسلة من كتب فيما بين عام ١٧٠١ وعام ١٧٠٣ فهذا مفتاح صُنع للناس ليفتحوا به ما استغلق عليهم . وما أسرع ما قبلوه . إنه مثل للفكرة الواحدة التى تجرى بين حقائق عدة فتنتظمها نسقاً واحداً . وقالوا إن مقدار الفلوجستون فى بعض الأجسام كثير ، وفى بعضها قليل ، وما أيسر إثبات هذا . ولكن ما الفلوجستون ؟ إنه مادة على الأرجح لم يرها أحد قط وما كانت لترى . والأجسام التى بها كثير من الفلوجستون سريعة الاشتعال . والنار نفسها الحادثة لعلها مظهر من مظاهر الفلوجستون ، أو لعلها عملت معه — ظل بعضهم إلى هذا العهد يرى أن النار من العناصر— . والفحم عندهم كان مادة كثيرة الفلوجستون ، وبتسخينه مع كلس الفلز يعطى الكلس من فلوجستينه فيجعل منه فلزًّا . والفحم نفسه يحترق وحده، وهو فى هذه الحالة يخرج الفلوجستون ناراً ، أو هو يتحد بالهواء . والكبريت وجد على حالته هذه فى الطبيعة . وهو يحترق إذا سخن وينتج منه حامض، حامض الزاج — أوحامض الكبريتيك بلغة هذا العصر — . وظهر لهم طبعاً أن حامض الزاج هو الكبريت بعد أن فقد بالحريق ما به من فلوجستون كثير .

ونكتب هذه المعانى التى كانت تخامر القدماء هكذا لتظهر أكثر اتضاحاً :

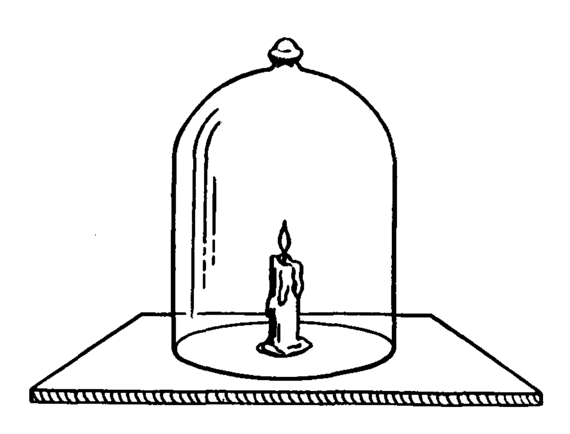
كلس + فلوجستون (من الفحم البلدى) ⟵ فلز

---

(١) فلوجستون كلمة من أصل إغريقى معناه الاحتراق أو الشعلة أو النار .

فلز يسخّن فى الهواء ← كلس + فلوجستون (يخرج إلى الهواء)
فحم بلدى يحرق ← فلوجستون (إلى الهواء) تصحبه نار
كبريت يحرق ← فلوجستون (الى الهواء) + حامض الزاج

إن نظرية الفلوجستون كانت النظرية السائدة فى الكيمياء لما قامت ثورة التحرير الأمريكية ، أى فى العقد الثامن من القرن الثامن عشر ، ولم يكد يوجد من لم يؤمن بها ، بل هى كانت أساس الكيمياء التى تدرس عندئذ فى المدارس والكليات جزءاً من برنامج الفلسفة الطبيعية . والذى يطلع على المذكرات التى كتبها الأستاذ صمويل ويلمز Samuel Williams ،



(شكل ٢٤)

إذا وضع ناقوس من زجاج هكذا على شمعة تشتعل ، انطفأت الشمعة . ونفسر نحن هذا اليوم ، بناء على مشروعنا التصورى الحاضر (نظريتنا) فنقول إن الأكسيجين الذى بالناقوس قد استهلك . ويفسره أصحاب نظرية الفلوجستون بأن الهواء تشبع بالفلوجستون فلم يعد يحتمل أكثر من ذلك .

أستاذ الرياضيات والفلسفة الطبيعية من عام ١٧٨٠ إلى عام ١٧٨٨ بجامعة هارڤارد Harvard ، وهى المذكرات التى منها ألقى محاضراته فى الكيميـــاء ، يعلم كيف يمكن صوغ هذه النظرية صياغة يقتنع بها طلبة فى محاضرة كل اقتناع . خذ شيئاً من مادة تقبل الاشتعال ، وأشعلها ، ثم أدخلها وهى مشتعلة فى وعاء به قليل من الهواء الجوى (شكل ٢٤) . والنتيجة : يستمر الاشتعال ولكن زمناً قليلا ثم يقف . وبعض المادة يتحول إلى رماد ، وسائر المادة يبقى كما هو . والهواء يظهر عليه التغير والتبدل . . . فهذا مثل لما يسميه الكيماويون بالفلوجستون ، وللهواء وقد تحمل به . ففى هذا الهواء المحدود تظل المادة تحترق حتى يثقل الهواء بشىء يمنع الزيادة من الاحتراق . وهذا الشىء الذى يثقل به الهواء ، هو كالهواء محصور فى هذا الوعاء ، فهو ، مهما يكن وتكن صفته ، محصور كذلك لا يستطيع الهرب .

ويظهر من هذه التجربة أن الفلوجستون لا بد أن يكون جسما حقيقياً ، وأن الهواء يتحمل أو يتشبع به . وما كان حصر المادة المحترقة فى هذا الوعاء المحدود إلا منعاً لمادة حقيقية أن تهرب . ومن الواضح البين أيضاً أن الهواء يظل يأخذ هذه المادة من الجسم المحترق ما ظل هذا الجسم محترقاً . حتى إذا تحمل منها الهواء بأكثر مما يحتمل ، أى تشبع بالفلوجستون ، توقف الاحتراق . وكيف لا ، والفلوجستون لا يستطيع الهرب ، والمادة المحترقة لا تستطيع أن تعطى الأكثر من فلوجستونها من أجل ذلك . لهذا إذا أدخل الإنسان هواء جديداً إلى الوعاء ، يعود الجسم إلى الاحتراق. ومن هنا جاء تعبيرنا عن الهواء ، بأنه ذو الفلوجستون ، أو أنه سليب

الفلوجستون ، أما ذو الفلوجستون فهو الهواء الذى تحمل به ، وسليبه هو الهواء الذى خرج منه فلوجستونه .

إن الأستاذ وليمز يتحدث عن الفلوجستون ونظرية الفلوجستون فيقنع ويبدع .

من الكشوف العلمية ما يغفل إغفالا

إن هذه الحجج التى كانت تساق دفاعاً عن نظرية الفلوجستون حجج رائعة . ولكن كان بها ثغرة واحدة . وكانت هذه الثغرة حقيقة علمية عرفت من زمان بعيد ولكن أغفلت ، كانت كشفاً اكتشف ١٥٠ عاماً قبل أن تأخذ النظرية الفلوجستونية فى التدهور ، بَله السقوط . وهذا مثل جديد فى استراتيجية العلم ، نأخذ منه عبرة : إن الكشف العلمى لا نفع منه ، ولا خطر فيه ، إلا أن يكون الزمان قد نضج فاستعد للقائه .

إنه فى عام ١٦٣٠ ، فى هذا التاريخ الباكر ، وقبل أن يولد بوييل ، درس رجل فرنسى اسمه جان راى Jean Rey تكليس القصدير ، حرْقه فى الهواء ، وأثبت أن الكلس الناتج يزن أكثر من القصدير الذى منه نتج . وفوق هذا جاء لهذا بتفسير قريب جدًّا من آراء لافوازييه التى جاءت بعد ذلك بـ ١٥٠ عاماً . قال « راى » : « إن هذه الزيادة فى الوزن تأتى من الهواء . فهو قد كثف وثقل ، واكتسب شيئاً من لزوجة . . . وهذا الهواء يمتزج بالقصدير . . . ويرتبط بالدقيق الأدق من أجزائه . . »

وجاء بوبيل بعد ذلك، وأثبت زيادة الوزن هذه فى الفلزات عندما تتكلس . كان هذا عام ١٦٧٣ . ولكنه لم ينظر فى سبب هذا، فلم يزد شيئاً يسند به ما جاء به « راى » من حَدْس . والذى جاء به « راى » كان أكثر من حدْس ومن ظنّ . وبوبيل لم تفته نُصرة « راى » فحسب ، بل لعله بالذى صنع أضلّ من جاء بعده من البحاث . ونحن إذ ننظر الآن فى هذه الأحداث القديمة نرى أن بوبيل ، لو أنه مضى قليلا ، ومضى قدماً وفى شجاعة فى تجاربه هذه ، ما اقترحت نظرية الفلوجستون أبداً ، أو إذا هى اقترحت ، ما وجدت فى العقول المتزنة قبولا . على أن كلام مثلى الآن سهل ، والتحدث عما كان يسلكه التاريخ أمر دائماً ميسور . ولكنى أشك فى أن أحداً ، بوبيل أو رجلا أكثر عبقرية من بوبيل ، كان فى إمكانه أن يكشف عن الأكسيجين ، ودوره الذى يقوم به فى الاحتراق وفى التكليس ، فى ذلك القرن ، القرن السابع عشر . ذلك لأن الكثرة الكبرى من حقائق علم الطبيعة، علم الفيزياء ، وكذلك علم الكيمياء، كانت عند ذاك مخبأة محجبة ، لا يراها الناس ، وبقيت كذلك حتى جاءها البحّاث يشقون عنها حُجبها فى بطء كثير ، وجهد كبير ، وعلى الطويل من السنين .

وعلى كل حال فبوبيل فرض أن النار ، وهى عنصر من عناصر أرسطو ، مرّت عبرَ جدران الوعاء الذى أجريت فيه التجربة ، وكانت من زجاج ، وأنها بعد مرورها اتحدت بالفلزّ ، وبذلك زادته وزنا . وهذا فرض غير ما افترضته النظرية الفلوجستونية التى جاءت بعد ذلك بجيل . بل هو مناقض لها بمعنى ، ذلك أن بوبيل رأى أن شيئاً أضيف إلى الفلزّ

وهو يتكلس ، يعنى النار ، ورأت النظرية الفلوجستونية أن شيئاً نقص وخرج من الفلزّ، ذلك هو الفلوجستون . على أن كتابات بوييل وجهت أنظار الناس إلى الحرارة وإلى اللهب – وارتباطهما بالنار والتكلس وثيق– أكثر مما وجهتها إلى الهواء . فتوجيه الفكر إلى الهواء جاء من « راى » ولم يجئ من بوييل .

وضاعت آراء « راى » على ما يظهر فى الـ ١٥٠ عاماً التى تلت ، ولكن حقائق التكلس والتكليس لم تضع . فأمر هذا التكليس ، وأمر زيادة وزن الفلزات عند التكليس ، كان معروفاً طيلة القرن الثامن عشر ، ولكن أحداً لم يتنبه إلى أن هذه الحقيقة قاتلة لنظرية الفلوجستون . فهل لنا بعد هذا أن نقول عن بحاث هذا القرن ألاما أجهل وما أغبى ! ! بالطبع لا . ذلك لأن العلماء فى شئون العلم المعقدة يصرفون أكبر همهم إلى الحقائق المتراكمة المختلفة الكثيرة يحاولون تفسيرها ثم تنسيقها فى نسق واحد عظيم، ذلك الذى نسميه بالمشروع التصورى، أو النظرية العلمية. والمشروع التصورى لا يطرحه العلماء بأنه باطل لأنه خالف أو خالفته حقيقة أو بضع حقائق قليلة لا يمكن التوفيق بينها وبينه . والمشروع التصورى إن عجز عن أداء واجبه فهو إما يُعدل ، أو يؤتى بمشروع آخر يحل محله ، بنظرية أخرى، ولكنه لا يُطرح اطرّاحاً ويُترك مكانه فارغاً لا يملؤه شيء .

لم يكن معروفاً فى عام ١٧٧٠ أن الكلس يزيد وزناً على وزن الفلز الذى نشأ عنه ، فحسب – وهذه الحقيقة معناها عندنا اليوم أن الفلز لابد أن يكون أضيف إليه شيء – ، بل يضاف إلى ذلك أن بوييل قبل ذلك ، فى عام ١٦٦٠ ، أبان أن الهواء لا بد منه للنار لتكون . وچون

مايو John Mayow[١] وروبرت هوك Robert Hooke[٢]، فى نحو ذلك الوقت، كتبا عن احتراق الأجسام وتنفس الحيوان، وذكرا « أن الهواء يفقد من قوته المرنة بتنفس الحيوان فيه بمثل ما يفقد باحتراق شعلة فيه ». واستيفن هالز Stephen Hales[٣] قال قولا كهذا بعد ذلك بخمسين عاماً. ولكن هؤلاء الرجال جاءوا قبل زمانهم. ونحن نقرأ اليوم ما كتبوا فنجد أنهم، على الرغم من الألفاظ الغريبة التى استخدموها، وعلى الرغم مما انبهم عندهم من فكر، قد أبانوا أن الهواء الذى احترق فيه محترق، أو تنفس متنفس، لا يعود فيأذن بزيادة من احتراق أو زيادة فى تنفس. فهو لا يحترق فيه من بعد ذلك شىء، ولا يحيا فيه من بعد ذلك حىّ. وزادوا فأثبتوا أن حجم الهواء عندئذ يقل فعلا. وكل هذا يكاد يأخذ بيدنا ليضعها وضعاً على التفسير الصحيح لهذه الظواهر، ولكنه عجز عن أن يأخذ بيد هؤلاء الكيماويين القدماء، كيماويى القرن الثامن عشر، ليضعها وضعاً على التفسير الصحيح. لقد شغلهم الحديث بلغة الفلوجستون. وهى مع هذا كانت نظرية لم تخل من ثمرات.

---

(١) جون مايو (١٦٤٣ – ١٦٧٩) كيماوى إنجليزى وفسيولوجى. بحث فى التنفس، وكان فى بحوثه سابقاً لزمانه. وقد سبق إلى إدراك وجود الأكسيجين قبل لاوازييه بـ ١٠٠ عام.

(٢) روبرت هوك (١٦٣٥ – ١٧٠٣) هو الرياضى والفيلسوف الإنجليزى، وهو معروف بالقانون الذى اقترن باسمه. وهو تنبأ بشىء من نظرية الجاذبية الأرضية التى جاء بها نيوتن، وكذلك بالنظرية الموجية للضوء.

(٣) استيفن هالز (١٦٧٧ – ١٧٦١) عالم فيزيائى كيماوى مخترع.

صعوبة التجريب بالغازات

إن الذى يقرأ ما كتب الفلوجستونيون يكاد يرفع يديه إلى السماء استغاثة ويأساً . ولكنه إذا كان من ذوى الصبر ، وغلبت عليه الرغبة فى أن يعلم ويفهم ، فهو واجد أن أكثر الصعوبات إعاقة لهؤلاء القوم كانت عجز صاحب التجربة فيهم عن العمل بالغازات والتعرف عليها . فصعوبتهم كانت صعوبة تجريب . إن الفلزات وأكلاسها ، والمواد التى تشتعل من كبريت وفحم وفسفور ، كانت أشياء فى استطاعة كيماويى القرن الثامن عشر أن يروها بأعينهم ، ويتناولوها بأيديهم ، لأنها كانت صلبة تمسك وترى . حتى السوائل كحامض الزاج والماء والزئبق كانت أشياء لها فردية ولها شخصية ، فهى تدرك فى لمحة . ولكن غير ذلك الغازات . فغازات كالأزوت وثانى أكسيد الكربون ، وكلاهما لا تشتعل فيهما الأجسام ، كثيراً ما اختلطا عليهم اختلاطاً كبيراً . وكذلك اختلط عليهم ما اشتغل من غازات ، كالأيدروجين وأول أكسيد الكربون. ومما زاد فى اختلاطهم أن الغازات تتشابه منظراً ، فهى إلا القليل منها ، شفافة لا لون لها . وهى تنضغط ، وهى تتمدد بالحرارة وبنفس الدرجة تقريباً . نعم اختلفت كثافاتها ، اختلف وزن الحجم الواحد منها ، ولكن تقدير الكثافات عندئذ لم يكن أمراً سهلا . حتى فى القرن الثامن عشر كثيراً ما اختلط على الناس أمر الوزن والكثافة ، فانبهم الفرق بينهما ، حتى فى أمر السوائل والجوامد . إن خواص الغازات الكيماوية مختلفة .

وطرق تحضيرها كذلك مختلفة . وهذه الفروق فى الصفات وفى طرق التحضير هى التى أنارت الطريق آخر الأمر .

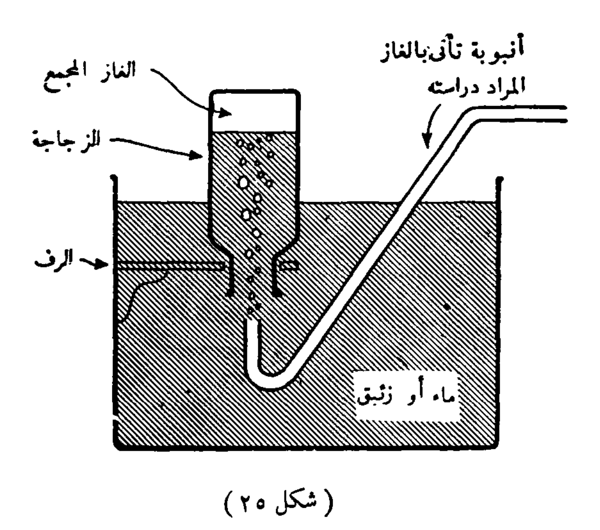
إن الذى يريد أن يدرك الصعوبات التى اعترضت الكيماويين منذ ١٧٥ عاماً ، يحسن به أن يتصور أن طالباً بادئاً من طلبة اليوم أعطى أربع قارورات ، بإحداها هواء ، وبأخرى أكسيجين ، وبأخرى أزوت ، وبالأخرى الباقية هواء به قليل من الأثير ، ثم قيل له أبِن أى هذه الغازات فى أى من هذه القارورات . إنه سيدور على هذه الغازات ، ولا شك أنه متبين ذلك الهواء الذى به الأثير أول شىء ، ثم هو عاجز عن المضىّ وراء ذلك . فالطالب البادئ لا يدرى ما يصنع بعد ذلك . إن وسيلته فى التعرف على هذه الغازات تكون عنده بالنظر إليها ، وبشمها ، وبإجراء تجارب بسيطة عليها كمحاولة إذابتها فى الماء . والورطة التى يقع فيها هذا الطالب البادئ من هذه الغازات ، هى نفس الورطة التى وجد بها أنفسهم أهل التجريب من عهد بوييل إلى عهد پريستلى . إنهم سموا الغازات أهوية ، وقالوا إنها أهوية مختلفة ، ولم يدركوا سبب هذا الاختلاف ، أكان فى جوهر الغاز أم كان لشائبة دخلت إليه . كتب پريستلى Priestley عام ١٧٧٧ قال :

« إن ڤان هلمنت Van Helmont [1] وغيره من الكيماويين

---

(١) هو الكماوى الفسيولوجى البلجيكى (١٥٧٧ – ١٦٤٤) . جمع بين المتناقضات ، من قديم الفلسفة وحديثها . فبينا هو يعتقد فى حجر الفلاسفة ، إذا هو تعجبه كشوف هرفى فى الدم ، وبحوث جاليليو وآراء باكون . وكان يحسن التجربة . وهو أول من عرف أن الأهوية أنواع .وهو يدعى ابتداع لفظة الغاز .

الذين جاءوا فى عقبه كانوا على علم بصفات بعض الأبخرة ، بأن منها ما يخنق الإنسان ويطفىء النار ، ومنها ما يشتعل بالنار . . . ولكنهم لم يكن لديهم علم بأن هذه الأجسام — إن صح عندهم حقاً أنها أجسام وليست " صفات " مجردة ، أو " ميول " لأجسام تُنتج هذه الآثار — تستطيع أن تنفرد بوجودها ، فتنفصل ويكون لكل منها وجوده " بخاراً مرناً دائم المرونة" ... إلا بمقدار ماينفرد معنى كالشم بوجوده . والواقع أنهم لم يعرفوا هواء غير هذا الهواء العادىّ، لهذا فهم لم يطلقوا هذا الاسم على أجسام أخرى قط . . .



(شكل ٢٥)

مقطع لحوض لجمع الهواء . فالزجاجة تملأ من السائل الذى بالحوض ، ماء كان أو زئبقاً ، وذلك بتغطيسها فيه حتى لا يكون فيها شيء سوى الماء أو الزئبق ، ثم هى تقلب ليكون رأسها إلى أسفل ، ثم تسند فى موضعها من الرف . ثم يؤتى بالغاز الذى تراد دراسته ، فيصعد إلى الزجاجة فقاقيع فيزيح ما بها من سائل .

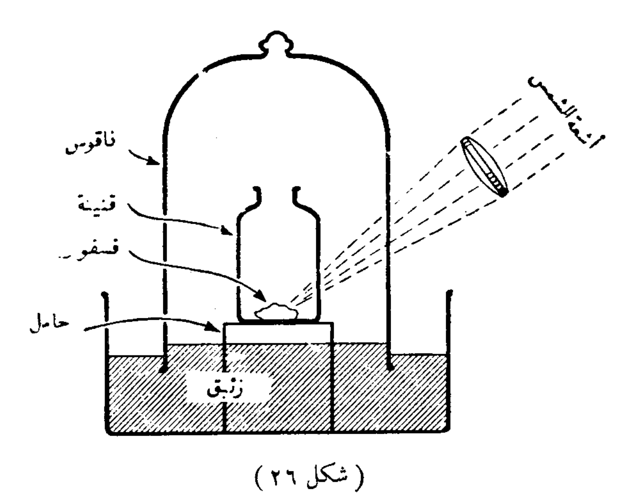
إن پريستلى يستخدم فى قوله هذا لفظ « الهواء » للمعنى الذى يُعبر عنه اليوم بلفظ « غاز » .

إن تاريخ بحث الغازات والتعرف عليها من بعد بوييل منذ مائة عام ، ابتدعت فيها طرق جديدة محسنة للعمل بالغازات ، ختمها پريستلى بما أجراه من تجارب مبتكرة فى « الأهوية » عام ١٧٧٢ ، زاد فيها عدّة من طرق معالجة الأهوية ، أى الغازات ، تحسيناً . ومن أشهر ما ابتدعه ذلك الحوض الهوائى ، وهو الحوض الذى تجمع به الغازات (شكل ٢٥) . وقبل عمل پريستلى هذا لم يكن يعرف من« الأهوية المختلفة » غير ثلاثة ؛ فلم يمض غير بضع سنين قليلة حتى زادها أحد عشر « هواء » أحدها الأكسيجين . وهذا مثل من خطورة طرائق للعمل جديدة ، صِنعات جديدة ، تكنيك technique جديد ، ولو أننا هنا فى هذا المثل نلتقى بصنعة جاءت تدرجاً ولم تأت انقلاباً .

لافوازييه كيف اهتدى

إن المشروع التصورى الجديد للافوازييه ، ذلك الفرنسى الذى هَوِى العلم شاباً ، بدأ على ما يظهر بتجارب له فى حرق الفسفور وحرق الكبريت (شكل ٢٦) . كتب فى مذكرته الشهيرة عام ١٧٧٢ يقول :

« من نحو ثمانية أيام اكتشفت أن الكبريت إذا احترق لم ينقص وزنه ، بل هو على النقيض يزيد . كذلك يزيد وزن الفسفور إذا احترق . وهذه الزيادة فى الوزن تأتى من الهواء ، فإن مقداراً ضخماً منه يتثبت أثناء



(شكل ٢٦)

رسم لجهاز يستخدم لإجراء تجربة لاڤوازييه التى تدل على زيادة وزن الفسفور عند التكليس. توضع قطعة موزونة من الفسفور فى قارورة موزونة، ثم تغطى القارورة وما بها من فسفور بناقوس من زجاج ، وبهذا يغلق الزئبق هواء الناقوس فاصلا إياه عن الهواء الجوى . فإذا أحرق الفسفور (بتركيز شعاع الشمس عليه بواسطة عدسة) تكون كلس أبيض فى القارورة وارتفع سطح الزئبق فى الناقوس. عندئذ تزاح القرورة وتوزن. وبهذا يثبت أن الكلس أكبر وزناً من الفسفور .

الاحتراق ويتحد بالأبخرة » .

« وهذا الاكتشاف الذى أثبته بتجارب أعدّها حاسمة ساقنى إلى أن أظن أن الذى حدث فى حالة الكبريت والفسفور يحدث فى حالة كل مادة تزيد وزناً عند ما تحترق أو تتكلس ، وأن سبب الزيادة هناك هو عين سببها هنا . . . »

فهذه ومضة من ومضات العبقرية، برقت بخلق صورة جديدة ذهنية .

فكرة مبتكرة أىّ ابتكار ، أغرى بابتكارها وهدت إليها نتيجة من نتائج التجارب فذّة . وهذه المذكرة التى كتبها ، لخّص فيها ، بمعنى من المعانى ، كل هذه الكيمياء الجديدة . وهو كتبها ، وختمها ، وأودعها عند سكرتير الأكاديمية الفرنسية فى يوم أول نوفمبر عام ١٧٧٢ . إنه كان يدرك خطر ما أودع . والحق أن لاڤوازييه ظن فى أول الأمر أن الغاز الذى خرج من اختزال كلس بفحم ـ أعنى ثانى أكسيد الكربون ، أو الهواء المثبت فى تلك الأيام ـ هو نفس الغاز الذى امتُصّ من الهواء عند التكليس (الأكسيجين) . ونحن ندرس الآن ما خلّف من كراسات ، وما كتب ونشر من بعد ذلك ، فندرك أن ما فقه كُنه الغاز الذى تمتصه المعادن عند التكليس من الهواء (الأكسيجين) إلا بعد أن اكتشف Priestley هذا الغاز ، وبعد أن قام لاڤوازييه بإعادة بعض ما صنع پريستلى من تجارب بهذا الغاز . وعندئذ ، فقط ، اتضحت الصورة ، صورة الهواء وما يجرى فيه ، كاملة . اكتملت بضم أجزائها ، بعد تبعثرها ، بعضاً إلى بعض . وتنظر إليها بعد اكتمالها فتحس بأن الأكسيجين قد حل المكان الأوسط منها .

إن لاڤوازييه أدرك من أول الأمر أن شيئاً كان يؤخذ من الهواء عند التكليس . وهو بهذا كان يسير ، وهو لا يدرى ، فى نفس الطريق الذى سار فيه « جان راى » قبل ذلك بـ ١٥٠ عاماً ولم يستتمه من بعده أحد ، إلا لاڤوازييه . وأطلعوا لاڤوازييه على كتاب « راى » الذى كان قد نسى كل النسيان ، أطلعوه عليه بعد أن نشر أول نشرة عن نظريته هذه الجديدة .

وقد يطرأ توًّا سؤال على كثير من قرائنا : لماذا أدّت دراسة الكبريت والفسفور إلى التفسير الصحيح للاحتراق ؟ ولماذا بعد أن أتم لاڤوازييه تجاربه بهاتين المادتين شرع ، تملؤه الثقة ، يجرى تجارب أخرى اختطها فى سبيل من الفكر جديد ؟ إن جواب هذا سر من أسرار التاريخ ، وأحجية ليس إلى اجتلائها سبيل . وكفى الإنسان منا يستطيع أن يحدس وأن يتظنن ، وبعض الظن نافع . وإنى أظن أن الجواب عن هذا السؤال يجد الناظر مفتاح بابه فى كلمة كتبها لاڤوازييه فى مذكرته الشهيرة ، مذكرة أول نوفمبر عام ١٧٧٢ . إنها كلمة « ضخم » التى وصف بها مقدار ما ينقص من الهواء باحتراق الكبريت والفسفور فيه . فإن صح هذا ، فهذا مثل آخر يدلنا على أثر الصعوبات التجريبية العملية فى تعويق التقدم العلمى ، وعلى كيف أنها تزول فينفتح الطريق إلى آراء فى العلم جديدة . إن استبانة أن الهواء يزيد أو ينقص والفلزات تُكلّس فيه شىء ليس باليسير ، فالتكليس يستغرق وقتاً طويلا ، وفيه تستخدم حرارة عالية ، والزيادة فى وزن الفلز والنقص فى مقدار الهواء كلاهما قليل . أما فى الكبريت وفى الفسفور فتجربتاهما كانتا سهلة الإجراء فهما يشتعلان توًّا إذا أشعلا . وما يحدثانه من أثر كبير . وسبب هذا ، معبرين عنه بلغة العصر الحاضر ، أن كلا منهما وزن ذرته صغير ، فالوزن الذرى للكبريت ٣٢ ، وللفسفور ٣١ (وهو للأكسجين ١٦) ، وعند الاحتراق تتحد ذرتان من الفسفور بخمس ذرات من الأكسيجين وتتحد ذرة واحدة من الكبريت بثلاث ذرات من الأكسيجين . وذرات المعادن ، ذرات الفلزات ، كبيرة ، وعدد الذرات من الأكسيجين التى تتحد بذرة الفلز

صغير . ولنضرب لذلك مثلا : إن ٦٢ جزءاً (بالوزن) من الفسفور تتحد بالأكسيجين فتعطى ٦٢ + (١٦ × ٥) = ١٤٢ جزءاً من الأكسيد ، ناتج الاحتراق . بينا القصدير تتحد ذرة منه بذرتين من الأكسيجين ، والوزن الذرى للقصدير ١١٨ ، فالناتج منه بالاحتراق ١١٨ + (١٦ × ٢) = ١٥٠ جزءاً من الأكسيد ، أو إن شئت فالكلس . فالقصدير لم يزد وزناً إلا بمقدار ٢٥ فى المائة أو نحو ذلك . بينا الزيادة فى الفسفور زادت على ضعف هذا . وهذا الفرق يظهر فى حجم ما يمتص من هواء عند الاحتراق والتكليس . وعدا هذا فإن تكليس القصدير كان عملا طويلا تطلب درجة عالية فى فرن ، ولم تكن توجد عند ذلك ، فى عام ١٧٧٠ ، طريقة مرضية غاية الرضى لقياس الهواء ، كم ينقص منه عند ذاك .

القياسات الكمية والأخطاء العرضية

والواقع أن لاڤوازييه ، قبل أن يهيىء له پريستلى سبيل الهدى بتحضيره الأكسيجين من أكسيد الزئبق ، عانى عناء شديداً ، فى إثباته أن المعادن تزيد وزناً إذْ تتكلس فى الهواء بسبب ما تمتص منه من شىء . إن طريقته فى الإثبات كانت بإعادة ما كان أجراه بوييل من تجارب ببعض تعديل قليل فيها . وكل من هذه التجارب ومن التعديل الذى أدخله نافع ذكره . كان بوييل وضع القصدير فى وعاء من الزجاج ثم سده ختما ، ثم أحمى الوعاء الزجاجى زمناً طويلا فى نار فحم — وهو قد نبه على خطر يتضمنه

هذا الإجراء، فالزجاج قد ينفرقع ُفينسف — . ثم هو أزاح الوعاء عن النار ، حتى إذا برد ، فتحه ، ثم أعاد وزن الوعاء بالذى فيه ، وبذلك عرف أن الوزن زاد . وهذه تجربة من التجارب الكثيرة المعروفة لإثبات أن الفلز يزيد وزناً عن التكليس . وليذكر القارئ أن بوييل اعتقد أن زيادة الوزن جاءت من أن أجزاء النار دخلت من الزجاج إلى الفلز فزادته وزنا . قال لاڤوازييه : إن الذى أخطأ فيه بوييل أنه وزن الوعاء الزجاجى بعد فتحه ، وكان عليه أن يزنه قبل فتحه . ذلك أنه إذا صح ما اعتقد ، وأن النار حقاً دخلت إلى الوعاء فزادت القصدير وزناً باتحادها به ، إذاً لزاد الوزن قبل أن يفتح الوعاء ويدخل إليه جديد من الهواء . أما إن كان الأكسيجين المحبوس فى هواء الوعاء هو سبب الزيادة ، إذاً لتبينا الزيادة بعد الفتح . وأعاد لاڤوازييه التجربة فصحّ ما رأى .

ولكن نتائجه هنا لم تكن حاسمة كما كانت حاسمة فى تجارب الكبريت والفسفور بسبب ما قلناه سابقاً . فالزيادة هنا كانت ١٠ أجزاء فى مجموع قدره ٤١٠٠ جزء ، فى تجربة . وهى ٣ أجزاء فى مجموع مثل هذا فى تجربة أخرى . إنّا ندرك الآن ما فى وزن وعاء كبير من الزجاج وزنا دقيقاً عالى الدقة من صعوبات . وأكبر هذه الصعوبات ما يكون على الوعاء من غشاء من ماء ، من رطوبة . . . ومن أجل هذا لا نعجب إذا عرفنا من تلك التجارب الماضية أن المعوجة الزجاجية التى استخدمت — الوعاء الزجاجى — كان يختلف وزنه من يوم ليوم بما يكاد يبلغ زيادة الوزن الكلى الحادثة من التكليس فى إحدى التجربتين المذكورتين آنفاً .

إن صعوبات التجريب هذه ذات خطر عظيم . وهى تدلنى دلالة

شديدة على أن بوييل ، حتى لو أنه وزن الوعاء الزجاجى من قبل فتح ومن بعد فتح ، لاضطربت نتائجه اضطراباً لا يكون منه إلا إحداث البلبلة عند من يخلفه من الباحثين . إن العلم يخطو إلى الأمام ، ومن خطواته إلى الأمام ما قد يؤسس على القياس والكم ، ولكن على شريطة أن تكون الأخطاء فى القياس ، دخيلة أو عارضة ، صغيرة إذا هى قورنت بالشىء الذى يقاس . ومن أجل هذا وأمثال هذا ظهر فى علم الحساب فرع جديد هو علم التقريب ، وهو يعرفنا فى رقم ما ، أى أرقامه التى عليها نعتمد وسميت بالأرقام المعنوية . وعندها تقف الدقة ويقف الاعتماد . وتجارب القصدير هذه ، وتجارب الفسفور ، وما كان بها من صعوبات ، شاركت فيما شارك من أشياء ، فى إظهار الحاجة إلى معنى « الأرقام المعنوية » فى الأعداد الحسابية .

النظرية الفلوجستونية : سدت الطريق دون أخرى جديدة

كثيراً ما يسمع الإنسان قوماً يقولون إن الباحثين قبل لاڤوازييه لم يقوموا بتجارب كمية تقديرية ، وأنهم لم يستخدموا الميزان ، وأنهم لو فعلوا لاكتشفوا أن الاحتراق يصحبه زيادة فى الوزن ، وإذاً لأسقطوا بذلك نظرية الفلوجستون أسرع مما فعلوا . وكل هذا كلام فارغ . فقد رأينا أن « راى » أثبت من زمن طويل قبل أن توجد النظرية الفلوجستونية أن الكلس يزن أكثر من الفلز الذى عنه نشأ . فلا شك مطلقاً أن تجارب كمية كثيرة أجريت ، وتكرر إجراؤها ، ولو على غير الدقة بالدرجة المعروفة

لها اليوم . ولاڤوازييه كتب مذكرته الشهيرة عام ١٧٧٢ ، وأنت تحس وأنت تقرأها أن أهل زمانه كانوا يعرفون أن الفلز يزيد وزناً عند تكليسه . فهي حقيقة عرفها الناس في ذلك الزمن . ولم يكن لها في النظرية الفلوجستونية مكان ، وما كانت لتتسق بها . ومع هذا عاشت هذه النظرية ، وذلك لفائدتها عند ذاك . وقد بلغت فائدتها حداً لم يأذن لأحد من المعارضين ، إن وجدوا ، بأن يرفع ضدها صوتاً . بل على النقيض من ذلك ، حاول من وجد بهذه النظرية شيئاً من المخاصمة لعدة من حقائق معروفة ، حاول أن يصالح بينهما ، وأن يوفق ، إيماناً بأن هذه النظرية عظيمة رائعة .

والدرس المستمد من هذا أنه من العسير على نظرية جديدة أن تزيح نظرية قائمة من مكانها لتحل محلها . فإذا هي خالفت بعض فروض هذه النظرية القائمة ، فليس معنى هذا اطراح النظرية لأول مخالفة . ولكن معناه محاولة التوفيق لإزالة هذا الخلاف ، في سبيل الاحتفاظ بالنظرية . وليس هذا المزاج مزاج أنصار النظريات القديمة ، بل هو أيضاً مزاج من يستحدث النظريات . فأصحاب النظرية الجديدة لا يقلقهم أنها تخالف بعض الحقائق المعروفة . وهم يبدأون بامتحان هذه الحقائق لعلها تكون باطلة ، أو هم يداورونها ويخاتلونها لعل الغد يأتي بجديد . وكذلك فعل لاڤوازييه بنظريته الجديدة فهو تمسك بها على الرغم من أن تجارب معروفة لم تستطع النظرية تفسيرها . ومات لاڤوازييه فعرف من بعده أن تفسير هذه التجارب هو الذي كان خاطئاً . ولكن في حياته ، في عام ١٧٧٢ ، لم يشك أحد في زيادة الوزن عن التكليس ، وأنها حقيقة لا مراء فيها . وما شك أحد كذلك في أن نظرية الفلوجستون كانت تقضي بنقصه ،

لا بزيادته. أو على الأقل بثبوت الوزن إن كان الفلوجستون شيئاً لا وزن له، كالنار.

ومن المحاولات التى بذلت للإبقاء على النظرية، نظرية الفلوجستون، الاحتماء من نتائج التكليس بالتخليط بين معنيين، معنى الكثافة ومعنى الوزن. إن الكلس الناتج من الفلز كثافته أقل من الفلز. أى وزن الحجم الواحد منه أقل من وزن حجم مثله من الفلز. ولكن الوزن الناتج كله من الكلس كله أكبر من وزن الفلز الذى تكلس. وذهب بهذا التخليط بين المعنيين، وصفىّ الجو، فكر غير قليل بُذل فى تصفيته. ومن هذه المحاولات محاولة كانت قصيرة العمر، تلك فرض أن الفلوجستون له وزن، ولكنه سالب. وهو فرض يرينا مقدار ما يبذله الباذلون ليوفقوا بين حقائق جديدة ورأى قديم، بتعديل هذا الرأى بكل فرض عجيب. ولم يأخذ هذا الفرض بيد النظرية، نظرية الفلوجستون، فيخطو بها خطوة إلى الأمام. إنه إن كان خطابها فهو خطا إلى الخلف عدّة من خطوات. فالذى اكتسبته النظرية من هذا الفرض أنها استقامت بالذى خرج به الميزان فى تلك التجارب من أوزان. ولكن ما هذا الجسم، ما هذا الشىء الذى إذا أضيف إلى الشىء ذى وزن نقص من وزنه؟ إنها إضافة بالطرح. إن النظرية بهذا الفرض خسرت كثيراً. خسرت ثقة الناس. ولم يقبل هذا الفرض من الناس إلا قلة. وقد نضحك اليوم مما كان يفكر فيه البحاث من أهل القرن الثامن عشر. ولكن قبل أن نضحك ملء أفواهنا يجب أن نذكر أنه، قبل القرن التاسع عشر، حسب الناس الحرارة مادة مجسمة، وبقيت النظرية الذرية الجزيئية للمادة بعيدة فى الأفق تريد أن تُشرق ولا تكاد.

إن الحقائق الكمية التقديرية التي أخرجها تكليس المعادن ، والاختلاط الذى سببته هذه الحقائق ، والتعارض الذى قام بين هذه الحقائق والنظرية الفلوجستونية ، قبله أهل ذاك العصر ، ورضوا به ، على أنه شيء من تلك الأشياء التي تقوم ، والنظرية قائمة ، فلا تجد فيها موضعاً لنفسها . وهذا القبول ، وهذا الرضا ، فى مثل تلك الحال ، لم يكن سمة هذا العصر وحده . وهو أكثر شيوعاً فى العلم مما يحسب الحاسب . بل هو موقف لا بد للبحاث فى وقوفه من أى فكرة مستجدة وهى فى بعض أدوار نشأتها . ورجل العلم ذو الفكر الثاقب ، وذو العبقرية الحقة ، يحتفظ دائماً أمام عينه بتلك الحقائق الثابتة ، التى لا تأتلف والنظرية القائمة ، حتى إذا جدّ من كشوف العلم ما يلقى ضوءاً على تلك الفرقة والنفرة ، أوجد من طرائق العمل ما يفتح الطريق إلى حل ذلك المعضل ، وإيضاح ذلك المشكل ، فكان أسرع رجل إلى المعضل بالحل ، وإلى المشكل بالإيضاح ، وإلى الفرقة والنفرة بإزالة أسبابها . رجل كهذا هو السابق وهو الظافر وهو رب الثورة الخيرة التى تجود وتثمر . وهو الرجل الفذ الذى يجمع بين العلم والفطانة . يجمع بين المعرفة وكيف تساس الأمور . وهو يدبر ويخطط ، ويهدف إلى النصر بالكر والفر . وهو تدبير وتخطيط ، وكر وفرّ ، تتألف منه قصة أنفع ما تكون للذى يريد أن يفهم العلم من زاويته التاريخية .

اكتشاف الأكسيجين

قد يكون من عون القارئ الذى يعرف قليلا من الكيمياء، أو لا يعرف شيئاً ، أن نقف الآن وقفة قصيرة نلخص له فيها تلك الخطوات التى خطتها آراء لاڤوازييه حتى اكتملت . وأول خطوة كانت على ما يظهر ، تلك الفكرة الأولية الأساسية التى وقعت من نفسه فأدرك بها أن شيئاً ما من الجو يمتص إذا ما تكلس معدن ، أو احترق فى الجوّ محترق . وكانت الخطوة الثانية بحثاً عن هذا الشىء . وكانت الخطوة الثالثة إدراك أن كلساً من أكلاس هذه المعادن ، هذه الفلزات ، وهو أكسيد الزئبق الأحمر ، قد يكون فيه الطريق إلى كشف هذا الشىء المجهول . وكانت الخطوة الرابعة تحضير الأكسيجين من أكسيد الزئبق هذا والفشل فى تبين أن هذا الغاز ليس فقط هواء جوياً معتاداً زيد نقاؤه ، بل هو أكثر من هذا وأخطر . وكانت الخطوة الخامسة نشرة پريستلى التى تذكر الأدلة على أن الغاز الذى خرج من أكسيد الزئبق لم يكن هواء عادياً بل كان شيئاً جديداً . وكانت الخطوة السادسة أن أدرك لاڤوازييه فى سرعة البرق خطأ ما كان أجرى من تجارب ، ثم إدراكه بعد ذلك أن الجزء من الهواء الذى امتصه التكليس والاحتراق لم يكن إلا هذا الغاز الجديد . هذا الأكسيجين . وبهذه الضربة الأخيرة، هوى لاڤوازييه بعرش الكيمياء القديمة . ثم جرت الأحداث بعد ذلك مجرى طبيعياً ، كالقصة يمهد حدث فيها الطريق

إلى حدث – ولو أننا سنرى أن قبول الآراء الجديدة ، ترك النظرية الفلوجستونية القديمة ، لم يقعا توًّا .

فهذه الخطوات الست التى خطتها أبحاث لاڤوازييه ، من عام ١٧٧٢ إلى عام ١٧٧٧ ذات نفع ، وذات متعة ، لكل من يريد أن يطّلع على رأس الرجل العبقرى كيف يعمل . إنه قل أن يجد طالب التاريخ فرصة كهذه يرى فيها ما يسبق ، فى كل ثورة علمية ، وانقلاب كهذا فكرى ، من وحى يغلب تارة ، ومن منطق صارم يغلب مرة أخرى . إن لاڤوازييه كان شاباً ذا ٢٩ عاماً عند ما درس احتراق الفسفور والكبريت . وكان ثريًّا ، وكان من رجال المال . وليس من يدرى ما الذى أغرى هذا الشاب الثرى بأن يختار هذا الباب خاصة لبحثه . ولعله كان بسببين ، أولهما أن البحث فى الغازات كان مشغلة الساعة ، والنقاش فى نظرية الفلوجستون كان حديث الناس . وكان لاڤوازييه قليل الخبرة بالتجريب العلمى ، ولا شك ، فى هذا . بل إن بعض ما ادعاه فى مذكرته المختومة الأولى ، مذكرة عام ١٧٧٢ ، كاد يكون خطأ . وهو لم يعد من بعد ذلك يتحدث عن زيادة فى الوزن تحدث عند إحراق الكبريت . والمتأمل فى بعض ما قال لا يلبث أن يسائل نفسه كيف أثبته وأجراه . على أنه من بعد هذا التاريخ أخذ نفسه بالمران على الصنعة الجديدة التى عمل بها البحاث فى الغازات ، وهى طرائق فى العمل يعود فضل إيجادها وتجويدها على الكثير الأكثر إلى مجهودات پريستلى . وأعاد لاڤوازييه إجراء كثير من التجارب التى كان أجراها هذا القس الإنجليزى وذلك الأستاذ الإسكتلندى الشهير ، الأستاذ چوزيف بلاك ،. وأغلب الظن أنه تعلم من هذا الأستاذ

ما فى وزن الأجسام قبل أن تتفاعل من ضرورة ، كذلك وزن نتائجها من بعد تفاعل .

إن من الناس من يقول أحياناً إن لاڤوازييه أدخل إلى الكيمياء الميزان، وأدخل استخدامه ونظمه ، وليس هذا الزعم صحيحاً كل الصحة . وإن كان لا بد من ردّ الشرف فى هذا إلى أحد فهو يردّ إلى چوزيف بلاك . ومع هذا فقد ألح لاڤوازييه من أول حياته العلمية فى القول بضرورة مراعاة العلاقات الوزنية بين الأشياء . قرأت لأحد مؤرخى حياته يتحدث عن لاڤوازييه ويقول إنه كان عضواً ناجحاً فى شركة عملها جمع الضرائب للملك ، وهو يبرز هذه الحقيقة إبرازاً ، ويقول إن لاڤوازييه طبق ما تعلم فى هذه الشركة المالية التجارية من قواعد على ما قام فيه من علم . والحق أنه كان أول من أدخل إلى الكيمياء تلك القاعدة التى ارتفعت إلى مرتبة البداهة عند من تبعه من الكيماويين إلى اليوم ، تلك التى تقول إن مجموع أوزان الهواء المتفاعلة ابتداء تساوى مجموع المواد الناتجة أخيراً . فهذه موازنة لا شك كتلك التى نجدها فى دفاتر الحاسبين فى الشركات ، وصحّ مؤرخه إذ لفت النظر إليها . والحق أن الذى يقرن بين نجاح لاڤوازييه فى تجاربه — من بعد اكتشاف الأكسيجين — وبين ما قام فى سبيل پريستلى من بعد ذلك من صعوبات ظلت تتزايد ، يدرك أن سبب نجاح هذا وتعثر هذا يرجع إلى أن الأول استخدم قاعدة الحسابيين هذه المذكورة : إن ما على اليمين فى صفحة الحساب يجب أن يساوى ما على يسارها .

على أن الميزان لم يدخل فى تلك الأزمات الأولى من البحث المؤدى إلى نظرية الاحتراق الجديدة إلا فيما قال لاڤوازييه من وصف ما شاهده

من احتراق الفسفور إذ قال : إن المقدار الذى أخذه الفسفور من الهواء كان « هائلا » . والواقع أنه يجب أن ينظر ، فيما نحن فيه ناظرون ، إلى الصعوبات التى وقعت فى تفسير نتائج تجارب ، قدّرت نتائجها تقديراً لا دقة فيه ، وكانت الأشياء المقدرة غازات ، أى أحجاماً وليست أوزاناً . ولكن قبل ذلك لا بد من ذكر حقيقة كيماوية ذات بال ، هى أنه فى عصر لاڤوازييه لم يكن يعرف إلا فلز واحد ، يُحمى فى الهواء فيتكلّس ، أى يتأكسد ، ويأخذ أكسيجيناً من الهواء ، فإذا هو أحمى إحماء أشد ، أعطى ما أخذ من أكسيجين . وكان هذا الفلز هو الفلز السائل ، الزئبق . وهذه حقيقة للتاريخ هامة لا شك فيها ، ولكنها فوق ذلك تؤكد ما للمواد واختيارها وتوافقها من خطر فى البحوث الكيماوية ، وفى تصعيبها أو تسهيلها البحث الجارى . وهو خطر ظهر كثيراً فى بحوث الكيمياء ، فكثيراً ما كان الفضل فى تقدم بحث ما يعود إلى الوقوع على العنصر أو المركب الملائم للمسألة القائمة ، تماماً كما حدث فى الطبيعة ، لما كان النجاح فيها كثيراً ما يعود إلى تحسين فى آلة أو جهاز .

إن المرجح أن لاڤوازييه عرف أن الطريق إلى النجاح سبيله درس هذا الأكسيد عن طريق پريستلى . ذلك أن پريستلى ، فى وليمة تاريخية أقيمت فى باريس ، أخبر لاڤوازييه أنه سخن مسحوقاً أحمر (كلس الزئبق) فأخرج منه غازاً أمكن إشعال شمعة فيه . ولكن پريستلى كان يحسب عند ذلك أن هذا الغاز هو « الغاز الضحاك » ، وهو أكسيد من أكاسيد الأزوت يشترك مع الأكسيجين فى هذه الخاصة ، إن الشمعة فيه تشتعل ، وتشتعل أشد من اشتعالها فى الهواء . ولكنا هنا ليس من همنا أخطاء

بريستلى ، فأخطر منها لدينا الآن أخطاء لاڤوازييه . إن لاڤوازييه ، من بعد حديث بريستلى إياه فى تلك المائدة الباريسية بعدّة أشهر حضّر غازاً من تسخين أكسيد الزئبق الأحمر . وبحث أمر هذا الغاز وأثبت أنه ليس بغاز ثانى أكسيد الكربون — الهواء المثبت كما كان يسميه أهل ذاك العصر — . وقد عانى لاڤوازييه عناء غير يسير لإثبات ذلك ، لأن كيماوياً فرنسياً آخر كان قبيل ذلك أجرى تجربة زعم فيها أنه إذا سخن أكسيد الزئبق الأحمر ، بقى منه الزئبق ، وخرج غاز كان عنده هو «الهواء المثبت» . إن التجريب بالغازات لم يكن عند ذاك أمراً سهلا .

حصل لاڤوازييه فى عام ١٧٧٧ على بغيته العظيمة التى طلبها منذ عام ١٧٧٢ ، ولكنها ما كادت تستقر فى يده حتى زلّ . إن الغاز الذى أثبت أنه ليس بثانى أكسيد الكربون ، لم يكن حقاً ثانى أكسيد الكربون . وهو بهذا أكد ما قاله له بريستلى شفاهاً فى باريس « إن هذا الغاز لا تنطفىء فيه شعلة الشمعة ، ولا الأشياء المحترقة ، بل تزيد شعلتها . . . ويخرج منها من الضوء فوق ما يخرج وهى فى الهواء» . وهو لم يذكر حديث الرجل الإنجليزى قط . وهو لو وقف عند هذا الحد لاهتدى إلى النتيجة الصحيحة ، إن هذا الغاز الذى وجد غاز جديد . ولكنه استخدم طريقة للكشف كان ابتدعها بريستلى من بضع سنوات ليتعرف بها تعرفاً تقريبياً عن «طبيعة» الهواء الجوى . أى إنه عند إجرائها يعطى مع الهواء الذى أفسد بالإحراق فيه أو بتنفس الحيوانات فيه نتيجة غير تلك التى يعطيها مع الهواء وهو صالح لم يُمس . وإذا ما خلط هواء فاسد بهواء صالح أعطى المزيج نتيجة بين هذه وتلك . وتختلف النتيجة درجة ومقداراً بمقدار ما فى الهواء الصالح

من هواء فاسد . وشرح هذا الكشف فوق ما يتسع له هذا الكتاب ، لأنه أعقد من أن يتضمنه . — إنه يتضمن تفاعلا بين أكسيد النتريك والأكسيجين ، يعقبه امتصاص النتائج بالماء — . وهو فى كل هذا اعتمد على الخبرة أكثر من اعتماده على أى شىء آخر ، فبريستلى ، وكانت لغته لغة النظرية الفلوجستونية ، كان يتحسس الحقائق فى ظلام .

إن طريقة الكشف هذه ، صادف أنها إذا طبقت على الهواء العادى أو على الأكسيجين النقى جاءت منهما نتيجة تكاد تكون واحدة . فهذا الغاز الكاشف (أكسيد النتريك) إذا أضيف بنسبة ما إلى الهواء ، انتهى الأمر بأن يحدث فيه نقصاً يساوى تقريباً مثل حجم هذا الغاز الكاشف المضاف . وهكذا يفعل إذا هو أضيف إلى الأكسيجين النقى ، يحدث فيه آخر الأمر نقصاً يساوى حجمه تقريباً . ونقول تقريباً ، لأن هناك فرقاً ، ولكنه فرق عجز لاڤوازييه عن استبانته ، أو إن هو استبانه ، فقد فوّته ليصل أول واصل إلى الأكسيجين ليستتم كشفه ، ويكشفه على حقيقته . ولهذا فقد أعلن أن الغاز الذى يخرج من كلس الزئبق الأحمر ينقص بتطبيق كاشف پريستلى عليه ، أى أكسيد النتريك « بمثل المقدار الذى ينقص به الهواء العادى » إذا طبق هذا الكشف عليه . وقال « وكل هذه الظروف أقنعتنى بأن هذا الهواء (يعنى الأكسيجين) ليس بالهواء العادى ، ولكنه هواء أقبل للتنفس ، وأقبل للاحتراق ، وعلى هذا فهو أنقى من الهواء الذى نعيش فيه » .

وفى نفس الوقت الذى كان يقول فيه هذا لزملائه فى باريس ، كان

پريستلى مشتغلا كذلك بدراسة هذا الغاز الذى يخرج من أكسيد الزئبق الأحمر عند إحمائه . وكان عندئذ قد تكشف له خطؤه فعرف حقيقة الغاز الضحاك . ولكنه ضلّ الطريق السوىّ ، كما ضلّ لاڤوازييه ، بنفس الكشف والكاشف الذى ابتدعه لمعرفة « الهواء الطيب » ومقدار ما فيه من طيبة . ثم هو وقع فى سلسلة من وقائع غريبة يطول ذكرها قادته أخيراً إلى إمتحان الغاز الذى كان يتخلف من الهواء العادى ، أو من ذاك الذى يخرج من إحماء كلس الزئبق ، بعد امتحان «طيبته» بهذا الكاشف الذى ابتدع . وما فعل حتى عرف أنه أمام شىء جديد . فالتفاعلات الكيموية التى تراءت من وراء تجارب پريستلى التقريبية كشفت عن أن النقص الحادث من جراء تطبيق هذا الكاشف فى الهواء ، وفى غاز الكلس الزئبقى (الأكسيجين) ، واحد . ينقص الهواء مثل الحجم الذى ينقصه الغاز الناشىء من إحماء الكلس . ولكن ما بال ما تبقى منهما بعد نقص ؟ أنهما مختلفان كل اختلاف ، يدل على هذا إدخال شمعة موقدة إليهما . ففى أحدهما تنطفىء الشمعة ، وفى الآخر تسطع أشد مما سطعت . ذلك أن الذى تخلف من الهواء أزوت . أما الذى تخلف من الأكسيجين فأكسيجين ، وهكذا اهتدى پريستلى إلى سر متاعبه .

إن الكشف الحقيقى للأكسيجين يعتبر عادة أنه وقع فى مارس عام ١٧٧٥ ، عند ما عرف پريستلى أن الغاز المنبعث من أكسيد الزئبق الأحمر غاز جديد . وما جاء أغسطس من ذلك العام حتى كان پريستلى قد قرأ مذكرة لاڤوازييه ، مذكرة عيد الفصح Easter memoir ، وكانت مجلة علمية قد نشرتها بطريقة غير رسمية . وما قرأها حتى أدرك

الغلطة التى غلطها الفرنسى الشاب ، وذكر ذلك فى كتاب كان هو قائماً بنشره . وأدرك لاڤوازييه غلطته ، ولكن مما لا يكاد يكون فيه شك أن لاڤوازييه ما أدرك خطأه إلا بعدأن أعلن پريستلى كشفهالجديد وانكشاف طبيعة هذا الغاز ، غاز الأكسيجين . وأدرك لاڤوازييه غلطته ، فما أسرع ما أصلح موقفه منها . وعند ما أخذت الأكاديمية الفرنسية فى طبع مذكرته « الفصحية » كان قد اتضح كل شىء . وعمد هو إليها قبل أن يتم طبعها ، وبجرات من جرّات قلمه الماهر أصلح منها ما وجب إصلاحه ، وخرجت هذه الوثيقة فى ثوبها الرسمى ، عام ١٧٧٨ ، وليس فيها ذكر ، لا للغلطة التى غلطها لاڤوازييه ولا للعون الذى جاد له به پريستلى تطوعاً ومن غير سؤال . إن الأخلاق تغيرت الآن عما كانت عليه فى القرن الثامن عشر . فاليوم يتحرج البـاحث ألا يذكر عوناً جاءه ، ولو شفاها ، أو نشرة علمية سبقته إلى شىء من أبحاثه .

إن القصة المفصلة لنظرية لاڤوازييه ، وكيف تدرجت حتى نضجت ، تضرب لنا مثلا من العقول الكبيرة كيف تتعثر فى السبيل إلى غاياتها تعثراً كبيراً . والذى بقى من القصة ، قصة الثورة الكيماوية ، وهو أيضاً يحتوى ذلك الطراز المتكرر الذى نجده كلما درسنا تقدم العلم كيف وقع : مشروع تصورى قائم مستقر ، يقوم يسد الطريق على مشروع تصورى جديد . وتحدث بينهما مناوشات . فيقوم نفر من المحافظين المدافعين عن النظرية القديمة فيرقعون ما ظهر فى ثوبهامن خروق. ثم لا يكون من ذلك إلا تأخير الأجل المحتوم ، كما حدث فى النظرية الفلوجستونية . ولكن الشىء الغريب الجدير بالملاحظة فى موقف كهذا هو أن كلا من الجانبين ، فى

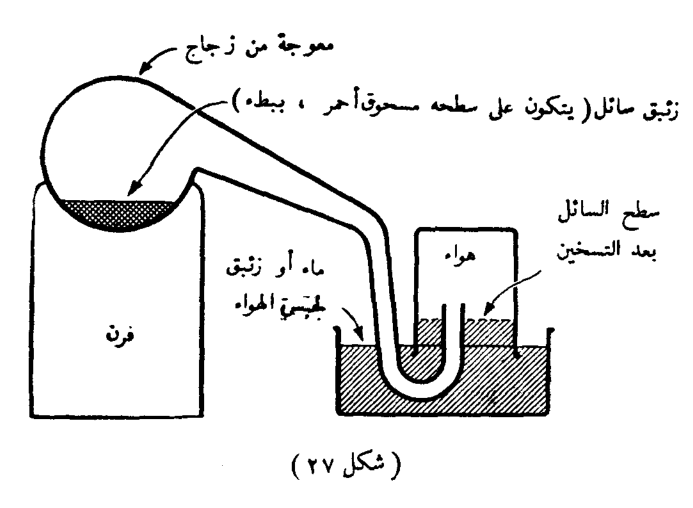
مصارعة كهذه ، يُنحّى جانباً تلك الحقائق التى لا تتفق وحجته . ولكن أشد من هذا غرابة وجدارة بالملاحظة أن التاريخ قد يصوّب من تعسفوا فنحوا هذه الحقائق اعتباطاً .

آخر موقف وقفته نظرية الفلوجستون

ما جاءت سنة ١٧٧٨ حتى كان لاڤوازييه قد أوضح للعالم العلمى ذلك الدور الذى يلعبه الأكسيجين فى الاحتراق . وكانت تجربته التاريخية ، تلك التى كثيراً ما توصف فى كتب الكيمياء الأولية ، هى هذه : يسخن الزئبق فى الهواء العادى فينتج مسحوقاً أحمر — هو أكسيد الزئبق فى تسميتنا الحاضرة ، وهو كلس الزئبق فى لغة القرن الثامن عشر — . وإذا سخن الزئبق هكذا فى حيز محدود من الهواء اختفى خمس هذا الهواء (شكل ٢٧) . والمسحوق الأحمر يزن أكثر من الزئبق الذى منه نتج . إذاً فشىء من الهواء اختفى ليتحد بالزئبق لينتج المسحوق الأحمر . ثم يحمى هذا المسحوق الأحمر ، هذا الأكسيد أو هذا الكلس ، ويحمى شديداً . وهو يحمى فى حيز مغلق بأشعة من الشمس تركزها عليه عدسة كبيرة (زجاجة محرقة) ، فيخرج منه غاز ، ويعود الزئبق زئبقاً كما كان (شكل ٢٨) . أما هذا الغاز فهو هذا الشىء الذى كان اختفى من الهواء ، لأن مقداره هو مقدار ما اختفى . وأما الزئبق فعاد إلى وزنه الأول ، وبذلك نقص الكلس بمقدار ما كان زاد . وهذا الغاز الجديد (الأكسيجين) إذا خلط

بالهواء المتخلف من العملية الأولى تكون منهما مزيج يطابق الهواء العادى كل المطابقة .

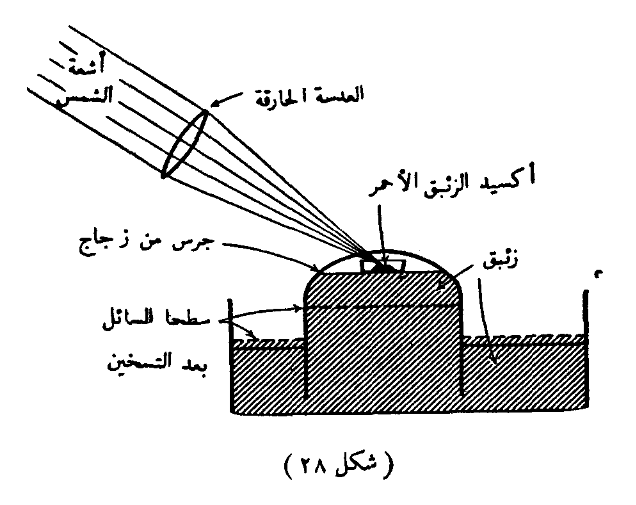
إن هذه التجارب بسيطة ، والحجة التى تحتويها واضحة — بالطبع لاڤوازييه لم يقف عند الزئبق ، بل مدّ فى نظريته لتشمل أشياء كثيرة أخرى — . ومع هذا ، فهذا المشروع التصورى الجديد لم يتلقه الناس بالتهليل والتكبير . إن نقيض ذلك هو الذى وقع . وكان على لاڤوازييه أن يتابع الحجة بالحجة ليقنع ويُسكت . وكتب كتاباً سماه « خواطر فى الفلوجستون » Reflections on Phlogiston ، نشره عام ١٧٨٣ . وفى هذا الكتاب عرض الحجج المؤيدة لنظريته ، وأثبت أنه لا حاجة إلى الفلوجستون أبداً . وكسب زملاءه الفرنسيين واحداً بعد واحد ، وامتنع



(شكل ٢٧)

رسم يوضح تجربة لافوازييه التى تدل على أن الزئبق إذا سخن فى الهواء امتص من أكسيجينه

عليه پريستلى Priestley ووط Watt وكافندش Cavendish وعشرات آخرون بقوا على عهدهم بالفلوجستون ونظرية الفلوجستون . بل لقد جاء هذه النظرية آخر الأمر رمق من حياة أطال فى عمرها ، أطالته تجارب أجريت على غاز الأيدروجين . وكان كافندش هو الذى زج بهذا الغاز أول مرّة ، حتى بلغ الصف الأول من المناقشات العلمية . كان ذلك عام ١٧٦٦ . ووجد فيه بعض أصحاب الفلوجستون أنه المادة المطلوبة من زمان بعيد . إنه الفلوجستون . أو هو على الأقل الفلوجستون متحداً بالماء . فالغاز احترق بسهولة ، وهم لم يدروا عندئذ ما تكوّن منه عند الاحتراق (وكان عند الفلوجستونيين لا شك الجواب . إن الفلوجستون اتحد بالهواء الذى احترق فيه) . ولكن فى نحو هذا الزمن كان تركيب الماء قد



(شكل ٢٨)

رسم جهاز لتسخين أكسيد الزئبق الأحمر ، وجمع الأكسيجين الناتج

اكتشف بالذى أجرى كافندش (١٧٣١ – ١٨١٠) من تجارب ، أعادها توًّا لاڤوازييه . والمؤرخون يختلفون فيمن يُعزى إليه هذا الكشف العظيم ، كشف أن الماء يتركب من أيدروجين وأكسيجين ، بنسبة ١ إلى ٨ أوزان . ويتنازع شرف السبق إليه كل من پريستلى ، وكاڤندش ولاڤوازييه وجيمس وط .

وبهذا الكشف ، كشف أن الأيدروجين إذا احترق فى الهواء كوّن الماء ، تمت نظرية لاڤوازييه . فالماء صار أكسيد الأيدروجين . ولم يلبث لاڤوازييه أن استنتج من هذا أن الفلز إذا سخن فى بخار ماء ، تأكسد ، ونتج عن ذلك كلس الفلز ، أى أكسيده ، وأيدروجين . وأجرى التجربة ، وصار حقيقة ما كان عنده ظناً . وعكس هذا التفاعل أثبت أيضاً فى نفس الوقت تقريباً .

أيدروجين + أكسيجين = ماء

تسخين بخار ماء مع فلز = كلس (أكسيد) + أيدروجين

وهذه النتائج كلها التى أثبتت علاقة ما بين الماء والأيدروجين والأكسيجين والفلزات والأكاسيد كان من شأنها أن تذهب بالنظرية الفلوجستونية ذهاباً لغير رجعة . ولكن حدث أن هذه النتائج أحدثت فى بعض الناس عكس ما كان يتوقع ، لعدة سنين . فإن أنصار الفلوجستون استطاعوا أن يفسروا كيف أن الكلس يزيد وزناً على الفلز . وفسروا هذا بتعديل أدخلوه على النظرية الفلوجستونية جوهره هذا : بدلا من اعتبار الكلس أبسط المواد ، اعتبروا أنه مركب من الماء و « التراب الخالص » ، وأن الفلز نتيجة لاتحاد الفلوجستون وترابه الخالص .

والتكلس كما تتصوره النظرية الفلوجستونية القديمة هو هذا :

الفلز يسخن فى الهواء ← كلس + فلوجستون (إلى الهواء)

والتكلس كما تتصوره النظرية الفلوجستونية المعدلة هو هذا :

(ا) فلز يسخن فى الهواء ← تراب نقى + فلوجستون (إلى الهواء)

(ب) تراب نقى + ماء من الهواء ← كلس .

ونظرة إلى هذا ، فى شىء من التأمل تقنع القارئ بأن هذه التصورات يمكن بناء عليها إثبات أن الكلس أكثر وزناً من فلزه . لأن التغير الأول (ا) ، إن نقص فيه الوزن بسبب خروج الفلوجستون من الفلز ، فإن التغير الثانى (ب) يقضى بزيادة الوزن بسبب ما امتصه «التراب النقى» من الماء. وهذه الزيادة فى الوزن فى هذه الخطوة الثانية افترض افتراضاً ، وبدون علة ، أنها أزيد مما نقص من وزن فى التغير الأول (ا) . والنتيجة العامة زيادة فى الوزن عند التكليس . إنه من السهل دائماً أن يوفق المرء بين نظرية قديمة وما يستجد من حقائق بأن يفرض من الفروض الخاصة ما يكفى لإيجاد موضع لهذه الحقائق تستقر فيه من النظرية . وإنى بهذه المناسبة، مناسبة التحدث عن هذه الوقفة الأخيرة التى وقفتها هذه النظرية قبل أن تموت ، أذكر القارئ بالقول الذى كثيراً ما يتردد « بأن الميزان ما كاد يدخل الكيمياء حتى أسقط النظرية الفلوجستونية » ليدرك معى أن كثيراً من الأقوال التى تقال فيها من المبالغة الشىء الكثير .

إنى أشرت فيما سبق إلى أن العلماء كثيراً ما يميلون ، فى مناقشة مسألة إلى إغفال حقائق تقوم عقبة أو عقبات فى سبيلهم . ولكن الأيام تمر من بعد ذلك ، فأحيانا تحكم على عمل كهذا بالغباء ، وبالغفلة ، وأحياناً

بصدق الإيحاء والحكمة. ومن الأولين الذين وقفوا بعد عام ١٧٨٠ يدافعون عن النظرية الفلوجستونية ضاربين صفحًا عن حقائق كثيرة ، أو هم يبتدعون افتراضاً لساعتهم من بعد افتراض يوفقون به ويرقعون صاحبنا پريستلى . فهو ظل يفعل هذا إلى أن مات فى عام ١٨٠٤ . ومن الآخرين لاڤوازييه ومن اتبعوه ، فهم كثيراً ما هزوا أكتافهم كلما واجههم پريستلى بحقائق لم يستطيعوا تفسيرها . وقد أصدقهم التاريخ فيما فعلوا ، ولعل هذا كان لحس إيحائى داخلى فى لاڤوازييه كان به يفرق بين ما يوثق به من التفاعلات الكيماوية وما لا يوثق . إن هذا الحس وتلك البصيرة الناقدة لعبا أدواراً كبيرة فى تاريخ الكيمياء والكيمياء الحيوية . والأمثال فى عصرنا هذا كثيرة. ولكن بدل الدخول فى معقدات الكيمياء الحديثة أرى من الأوفق أن أقول كلمة أخرى عما زعم پريستلى من حقائق .

يجب أول كل شىء أن نذكر أن پريستلى آمن بكثير من التجارب ، وكثير مما لاحظ من أمور . وهو قد استدرج من تجربة إلى تجربة حتى دخل غابة ذات أدغال يضل داخلها فلا يدرى كيف يعود . وفى هذا عبرة لبحاث اليوم الذين يبحثون فى حقول لا تزال طبيعتها التجريبية هى الغالبة . ومهما يكن من ذلك فإن من النافع أن نذكر أن لاڤوازييه التزم بحث أكسيد فلزىّ واحد يعطى نتائج حاسمة لا انبهام فيها ، ومع هذا ظل يجرب طويلا بأكاسيد أخرى لا تخضع فى أغلب الأحيان للوزن والقياس . وهذه الأكاسيد الأخرى من الصعب الحصول عليها نقية ، والنقاء شىء ضرورى للكيماوى . وهنا يطل بقرنيه صديقنا القديم ، « العامل المتغير » الذى لا يمكن التحكم فيه . وأعان پريستلى فى معارضته

لافوازييه ثروةٌ لديه عظيمة من الحقائق، وهو لم يعدم أن يجد من بينها « حقيقة » يناهض بها لافوازييه ويناصر بها النظرية الفلوجستونية . مثال ذلك أنه ما فتىء يدعى أن من أكاسيد الفلزات ما كان يعطى « هواء مثبتاً » « fixed air » (ثانى أكسيد الكربون) عند التسخين . وهذا صحيح . ولكنه صحيح بسبب أن هذه الأكاسيد كان يخالطها شيء من الكربونات . إن نقاء المواد ضرورى لرجل الكيمياء ضرورة سيطرة رجل الطبيعة ، رجل الفيزياء على العوامل المتغيرة فى تجاربه ، كالضغط وكالحرارة . وأدلة النقاء لم تتيسر إلا رويداً رويداً ، من بعد أن قبل الناس ما قال لافوازييه عن صفحة الحساب عند الحاسبين ، لا بد أن يتوازن ما على يمينها وما على شمالها ، وأن يوازن الإيراد النفقات بإضافة الرصيد . والتجريب الوصفىّ ، بمواد ليست بذات نقاء يؤدى فى أغلب الأحوال إلى الخلط والتخليط . وأفاد پريستلى ، وهو رب المداورة والمحاورة ، من هذا الخلط والتخليط ، وكثيراً ما كان من أصحابه فى غير وعى منه .

إن اثنتين من الحجج التى احتج بها پريستلى على لافوازييه بنيتا على خطأ فى التعرف على غازين مختلفين . ولم يستطع لافوازييه ولا أتباعه إدراك هذا الخطأ ، وهذا دليل آخر على صعوبة التجريب عند ذاك . إنهما غازان ، كلاهما يلتهب ، أحدهما أول أكسيد الكربون ، والثانى أيدروجين ، ضلّ عن معرفة حقيقتهما حتى ذاك البارع المحنك الكبير فى تجارب الغازات . وافترض پريستلى أن الغازين غاز واحد ، ثم طلب من لافوازييه أن يفسر بعض ما يحدث لهما أو منهما بكيميائه الجديدة . ويعجز لافوازييه طبعاً ، فيجيء پريستلى فيفسر ما استغلق على لافوازييه ، وذلك

بالنظرية الفلوجستونية ، بعد أن التوت ثم التوت لتواجه حقائق جديدة فتتسق معها . وظلت حقيقة الغازين مجهولة بعد أن قُطع رأس لاڤوازييه بزمن طويل . وهو فى حياته لم يستطع أن يرد أثقل حجج پريستلى فيدفع بذلك عن نظريته . وكل ما صنع أن أغفل ما أورد پريستلى من حقائق مزعومة ، تماماً مثل ما فعل پريستلى بتجارب لاڤوازييه ، فهو أيضاً أغفل الكثير منها إغفالا . واعتقد كل منهما أنه لا شك قادر على الدوران حول هذه العقبات. وتحقق أمل لاڤواز ييه فيما اعتقد ، وخاب أمل پريستلى . وهكذا العلم ، وهكذا مسيره . ومن سوء فهم العلم أن نقول مع بعض من يكتبون عن المنهج العلمى إن النظرية العلمية تقوم أو تسقط بناء على تجربة واحدة تثبت صحتها أو يثبت بطلانها .

فدراسة سقوط النظرية الفلوجستونية لا تتضمن دراسة تاريخ شىء واحد بل تاريخ أشياء . وفيها تتمثل المبادىء الثلاثة التى نوهت بها فى مكان سابق من هذا الباب . والخطوات الصعبة التى تخطوها النظرية إلى ختامها ، وهى تتخرج رويداً رويداً من نتائج التجارب والملاحظات ، كل هذه تتمثل أمام أعيننا مما تسجل فى التاريخ : خواطر من لمعات الفكر ، ونقاش بالمنطق يقصر أو يطول ، وعثرة من بعد عثرة ، وكل هذا مختلط فى مزيج غريب . ودراسة هذه النظرية ، نظرية الفلوجستون ، ترينا كيف تسد نظرية قديمة السبيل على أخرى جديدة. و بتتبعنا تجارب الغازات والتكليس ، وتتبع مجراها فى التاريخ ، أدركنا أنه لا بد من نضج الزمن لكل جديد ، ليُقبل ، ولينفع ، وليثمر . كذلك أدركنا من هذه القصة الطويلة كيف يكون الكرّ والفرّ ، بين العلماء ، وما أداة تنفع

عند الخصومة ومأداة لا تنفع ، وكيف يتأثر الاشتباك الفكرى بما ينشأ من ظروف . وأدركنا أثر الصنعة الجديدة — طريقة للعمل جديدة — كيف يكون . وأدركنا صعوبة التجريب كيف تكون . وأدركنا قيمة التجربة يتحكم مجريها فى عواملها المتغيرة ، وأدركنا كيف تنشأ من التجارب صور للفكر جديدة . كل هذه مُثل مما يجده القارئ فى هذا الباب ، وهو باب من تاريخ قليل الذكر عند الباحثين .

النظرية الذرية الكيماوية ، كيف نشأت

أريد أن أختم هذا الباب بأن أذكر فى اختصار كيف نشأت ونمت النظرية الذرية من عام ١٨٠٠ إلى عام ١٨٦٠ . وللقارئ من هذا فائدتان : أولاهما أن يرى القارئ كيف أن لاڤوازييه ، بعد أن صنع ما صنع ، وصفى الجو ، وأدخل إلى الكيمياء الطرائق التقديرية ، ظلت الكيمياء فى حاجة إلى مشروع نظرى كبير يضم أشتات ما تفرّق فى الكيمياء من حقائق ، ويدخل إليها شيئاً من التنظيم لتتسق جميعاً فى نسق واحد . فى نظرية واحدة تتفسر بها جميعاً . وثانيهما أن يرى القارئ أيضاً كيف لعب التعصب الفكرىّ دوره فى تقويم العلوم ، بل فى تأخيرها ، فقد ظل الكيماويون خمسين عاماً لا يقبلون الآراء الأساسية التى بنيت عليها النظرية الذرية أخيراً . والحق أنى لو أردت توسعة هذا الجزء من هذا الباب لأجعل منه وحده باباً ، إذاً لسميته « نصف قرن ظلت فيه الأهواء الفكرية والعصبيات الذهنية تصطدم اصطداماً » .

إن الخبير بمجارى الأمور قد لا يعجب من أن أهل الرأى استغرقوا خمسين عاماً فى التجريب والنقاش ليصلوا إلى نظرية تُسكن على الراحة ما أخرجه الكيماويون من نواتج التجارب وما أبدوه أو عرفوه من ملاحظات . ولكن غير الخبير بهذه الوقائع العلمية التاريخية سوف لا شك يعجب أكبر العجب إذ يعلم أن كل ما كانت هذه النظرية فى حاجة إليه لتشرق فى سماء العلم ، ولتبزغ على الناس ، كان موجوداً من أول الأمر ، حاضراً لكل يد تمتد إليه فتأخذ منه . ولكنها لم تشرق ، ولم تبزغ . والباحث عن سبب هذا ، والقارئ لما اعترك فى تلك الحقبة من آراء ، وما وقع من حجاج ، بعضه المعارض وبعضه المساعد ، يجده فى آراء سبقت إلى هذه العقول فلم تقو على الخلاص منها . وإنى آمل فى الصفحات القليلة القادمة أن أظهر صفة هذه الآراء ، وما كان بها من جمود ، وكيف انهزم الجمود وتحرر الفكر آخر الأمر .

وقبل أن أدخل بالقارىء فى غمرة الموضوع أذكر له المقصود من هذه الحكاية ، والهدف الخلقى المستمد منها ، بأن أقتبس له جملة مما قال عالم يؤمن بوجود منهج علمى ، هو يباركه ، وهو يرضاه : « إن الطريقة العلمية فى التفكير هى أن يتعود الرجل مواجهة الحقيقة دون أن يكون متأثراً برأى له سبق . وهذا القول مثل من أقوال شائعة فى بعض مباآت العلم يرددها الناس حباً لها ، واقتناعاً بها . وما هى بالحق الكامل ، بل هى نصفه . وهى من تلك الأنصاف التى يعسر على ذى الفكر أن يتلقاها ، أو أن يفهم على التحديد مغزاها . فإن يكن صاحب هذا القول عنى به وأن تكون الأمانة العقلية صفة الباحث ، فما أحد بمختلف وإياه فى رأى .

وإن هو عنى أن على الباحث أن يطلب الجواب الواضح الحاسم من تجارب يجريها في ظلّ ما هو سائد في عصره من آراء، بقصد أن يمتحن صدق فرض قائم بين يديه ، إذاً نعود فنقول إن أحداً لا يختلف وإياه في رأى . ولكن هذا القول المقتبس فيه أكثر من هذه المعانى . إنه يريد أن يكون عقل الباحث كالصحيفة البيضاء إذا ما عرض لرأى جديد . وهذا غير ممكن ولا غير جائز . والتاريخ الذى سردنا منه ما سردنا ، يرينا أن الباحث الناجح لا بد أن يتسلح بكل ما اكتسب في ماضيه من سلاح . وهذا السلاح هو مجموعة ما في علمه الذى يعلم من صور ذهنية ومن نظريات ، يضاف إليها شيء جديد يبتدعه كل قائم في العلم مغامر سباق . وقد يُردّ على ما أقول بأن هذه الآراء واضحة بينة ، وأن التعصب للرأى لا ينشأ إلا عن عاطفة لا سند لها من منطق ، وإنى مع موافقتى على هذا ما زلت أرى أن العالم ، كل عالم ، عليه أن يحمل بين جنبيه كل ما يسود عصره من آراء ومن أهواء ، وأن يحملها في حرص ، ولو علم أنها الأهواء ، وألا يترك وراءه شيئاً حتى من تلك الفكر المبهمة غير الكاملة التى تمثل الرأى العام لزمانه . وليس مثلٌ يُضرب لإيضاح هذا كهذه القصّة ، قصة ما صنع الكيماويون في القرن التاسع عشر حتى صاغوا النظرية الذرية القائمة اليوم.

إن اكتشاف الأكسيجين ، وما يقوم به من دور في الاحتراق ، وكذلك اكتشاف تركيب الماء ، مهدا السبيل لدخول الكيمياء الحديثة . ورسالة لافوازييه في « مبادىء الكيمياء » شرحت ما استجد من هذا العلم وأقنعت العالم العلمى بخطورة المبدأ الحسابى ، مبدأ الموازنة بين الإيرادات والنفقات ، وتطبيقه في شئون العلم . وقسم الرأى الجديد الأجسام إلى نوعين :

عناصر ومركبات . والمركبات عنده هى ما نتج من اتحاد عنصرين أو أكثر بنسب ثابتة معروفة . وعلى هذا أمكن تعريف الماء بأنه المركب الذى ينتج من اتحاد أيدروجين بأكسيجين ، بنسبة ١ إلى ٨ . وهذا التعريف يقوله القائل سهلا ، ولكن كانت وراءه صعوبات تجريبية كبيرة .

فى عام ١٨٠٥ حاول دلتن Dalton أن يدخل إلى الكيمياء الحديثة فكرة عن الذرات قديمة . وكانت الذرات فى عقول الكثيرين من علماء القرن الثامن عشر عندما كانوا يفكرون فى المادة ومن أى شىء تتألف . وهى إن لم تكن فى يقينهم فهى كانت فى ظنونهم . واستخدم نيوتن فكرة الذرات فى بعض كتاباته فى الخواص الطبيعية للغازات . ولكن فضل استخدام الذرة فى الكيمياء الحديثة يعود لا شك إلى دلتن ؛ فهو الذى قال بأن الذرات تفسر لنا فى سهولة كيف أن العناصر إذا اتحدت فهى تفعل ذلك بأوزان لها معروفة بينها نسبة ثابتة . فالماء مثلا يتركب من أيدروجين وأكسيجين . فإذا فرضنا أن ذرات الأيدروجين لها وزن واحد ثابت ، وكذلك ذرات الأكسيجين ، وأنهما عند الاتحاد يتحد عدد من ذرات هذا بعدد مثله من ذرات ذاك ، إذاً لوجدنا لنتائج التجارب فى هذه الحالة تفسيراً معقولا مقبولا . ولإيضاح ذلك نفرض كما فرض دلتن أبسط فرض ، ذلك أن أصغر جزء من الماء يتركب من ذرة من الأيدروجين وذرة من الأكسيجين — وهذا خطأ فيما تقضى به هذه النظرية فى صورتها الحاضرة — . وحيث إننا نعرف من التجربة أن وزناً ما من الأيدروجين يتحد بثمانية أوزان مثله من الأكسيجين ، فينتج عن هذا أن ذرة الأكسيجين أثقل من ذرة الأيدروجين ٨ مرات ، أى أن الأوزان النسبية للذرتين هى

ك ١ إلى ٨ . والذرات بالطبع من الصغر بحيث لا يمكن وزنها ذرة ذرة، لكن هكذا كان تفكير دلتن ، إننا إذا عجزنا عن إيجاد وزن الذرات فما نحن بعاجزين هكذا عن إيجاد النسبة بين أوزانها، أى إيجاد أوزانها النسبية.

على أن عقبة قامت فى سبيل هذا التفكير من أول أمره ، وبقيت هكذا عقبة تُقض مضاجع الكيماويين نصف قرن من الزمان . وهى تلك : من أين لنا أن نعرف كم من الذرات تتحد لتكون مركباً ما ؟ قال دلتن إنا لا نستطيع أن نعرف كم عددها ، ولهذا لزمنا أن نفرض أبسط الفروض التى تتفق ونتائج التجربة . وهذا مثل من مبدأ فى العلم عام ، قاعدة جنح إليها العلماء ، إذا تعقد لديهم أمر ، أن يفرضوا لفهمه أبسط الفروض الممكنة . وسموا هذه القاعدة «قاعدة أبسط الفروض» . قال دلتن إن جزىء الماء — والجزىء اسم لأصغر جزء من جسم — يتركب من ذرة من الأيدروجين وذرة من الأكسيجين. وباستخدام رموزنا الحديثة يصبح رمز الماء هو : يد ا . فإن صح هذا أمكننا، باتخاذ ذرة الأيدروجين وحدة الوزن التى بها نزن كل الذرات ، أن نضع جدولا به أوزان الذرات جميعاً ، تظهر فيه ذرّة الأكسيجين ووزنها الذرى ٨ . وزن الذرة النسبى طبعاً .

واختصاراً فإن العلماء فى النصف الأول من القرن التاسع عشر كانوا يبحثون فى علاقات ثلاث ، لم يعرفوا منها إلا واحدة ، عرفوها بالتجربة ، تلك النسب الوزنية التى تتحد بها العناصر . فلو أن العالم منهم فرض رمزاً ما لعدة من مركبات ، كالماء ، إذاً لأمكنه أن يستخرج من هذا الفرض، ومن نتائج التجارب ، جدولا بالأوزان الذرية للعناصر . وبالعكس ، إذا هو فرض جدولا بالأوزان الذرية هذه ، لأمكنه أن يستخرج من هذا

الفرض ،ومن نتائج التجارب ،أى من نسب الأوزان التى تتحد بها العناصر ، رموزاً لهذه المركبات . وكان المطلوب الدليل أو الأدلة التى تدل على أحد شيئين ، إما على نسبة أوزان الذرات بعضها إلى بعض ، وإما على عدد الذرات التى توجد فى مركب كالماء .

وجاءت الكيماويين هذه الأدلة . جاءتهم فى العقد الثانى من القرن الماضى ، القرن التاسع عشر . وجاءتهم مع الأدلة صور من الفكر جديدة لتفسيرها . ولكنهم أغفلوا كل ذلك . وجاءهم بهذه الأدلة عالم فى الطبيعة، فى الفيزياء ، إيطالى ، اسمه أفوجادرو Avogadro[١] . فهو قد رأى فى مجموعة أخرى من المقادير مايمكن أن يستعان به فى صياغة رمز الماء . ولكن هذا الرأى أغفل إغفالا ، حتى إذا جاء عام ١٨٦٠ ، عاد العلماء بزعامة عالم إيطالى آخر ، اسمه كانيزارو Cannizzaro[٢]، إلى

---

(١) هو أميديو أفوجادرو ، الفيزيائى الإيطالى ، ولد فى بلدة تورين عام ١٧٧٦ ، وبلغ إلى أن صار أستاذ الفيزياء فى جامعتها . وأشهر ما جاء به نظريته، وقد نشرها فى رسالة عنوانها « محاولة لطريقة بها تتعين الكتل النسبية للجزئيات الأولية والنسب التى بها تدخل فى المركبات الكيماوية . مات عام ١٨٥٦ .

(٢) استانسلاو كانيزارو ، العالم الكيماوى العضوى الإيطالى (١٨٢٦ — ١٩١٠) لد فى بالرمو بصقلية ، واشتغل فى « بيزا » لما كبر فى البحوث الكيماوية . واشترك فى الثورة بصقلية ، فلما فشلت الثورة هرب إلى فرنسا ، ووصل إلى باريس عام ١٨٤٩ ، فتابع أبحاثه هناك . ثم كان أستاذ الكيمياء بجنيف ، ثم فى بالرمو ثم فى جامعة روما . والى ما خدم به الكيمياء العضوية تضاف خدمته للكيمياء عامة ، وذلك برسالته التى نشرها عن الأوزان الذرية والأوزان الجزيئية وضرورة التفرقة بينهما ، وبذلك عاد بالكيمياء إلى ما كان ارتأى مواطنه أفوجادرو قديماً . وبذلك تمت الخطوة الأولى فى النظرية الذرية الجزيئية كاملة. وجاءه الموت آخر الأمر فى روما .

ما كان رأى أڤوجادرو ، وبنوا على رأيه هذا نظرية ذرية جزيئية أمكن الناس قبولها . وهى النظرية القائمة إلى اليوم . ، تلك التى خدمتنا خدمات كبرى فى التعرف على المواد ، من أى شىء تتألف .

ولمعرفة السبب فى إغفال الناس للذى جاء به أڤوجادرو ، ولإدراك كيف تقف آراء قديمة فى سبيل آراء مستحدثة جديدة ، يجب الرجوع إلى آراء هذا الرجل وإلى ما كان فى زمانه من أدلة مستمدة من تجارب . كان قد شاق أڤوجادرو وبعضاً من معاصريه أن العناصر الغازية عند ما تتحد ، تتحد بنسب ثابتة . وكانت النسب هذه المرّة ليست نسب أوزان ولكن نسب أحجام . وإلى هذا يجب تنبيه القارىء . ويكفى مثل واحد نورده لإيضاح هذا ، ذلك اتحاد الأيدروجين بالأكسيجين بإمرار شرر كهربائى فى مزيج منهما . وهما يتحدان بالنسبة الآتية :

حجم من الأكسيجين + حجمان من الأيدروجين ⟵ حجمان من بخار الماء .

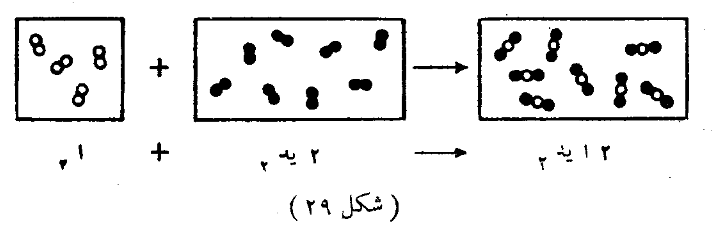
ووحدة الحجم هنا هى ما تشاء ، بوصة مكعبة أو سنتيمتراً مكعباً أو غير ذلك من المقاييس . والذى لفت النظر أن النسب بين هذه الأحجام نسب بسيطة : ١ إلى ٢ إلى ٢ . نسب بين أرقام صغيرة صحيحة . وبمثل هذه النسب البسيطة اتحدت غازات أخرى .

وافترض أڤوجادرو افتراضين يفسر بهما هذه النسب الحجمية البسيطة التى تتحد بها العناصر الغازية فتكوّن المركبات . وأول هذين الافتراضين « أن الأحجام الواحدة من الغازات ، فى درجة الحرارة الواحدة تحت الضغط الواحد ، تحتوى على عدد واحد من الجسيمات » . وثانى هذين

الافتراضين أن جسيم الأكسيجين يتألف من ذرتين منه متحدتين ، إحداهما بالأخرى . وكذلك جسيم الأيدروجين » .

وبهذين الافتراضين فسر أڤوجادرو كل الحقائق المعروفة عن تفاعل الغازات ، وأدّى به هذا إلى أن جزىء الماء يتركب من ذرتين من الأيدروجين وذرة واحدة من الأكسيجين ، وأن رمزه الكيماوى هو على هذا يد$_{٢}$ ا . وبالجمع بين نتائج التجارب فيما يتصل باتحاد الغازات أحجاماً بأحجام ، وبهذا النوع من التفكير ، وضع أڤوجادرو عدة رموز لعدّة مركبات . وبذلك حلّ ذلك المعضل الذى سلف أن أشرنا إليه ، معضل العلاقات الثلاث التى كان علم منها الكيماويون علاقة واحدة وبقيت منها فى عالم الغيب علاقتان . وجاء أڤوجادرو وكشف عنهما حجاب الغيب . وإذاً أمكن حساب الأوزان الذرية من تلك الأوزان التى أثبتت التجارب أن بها تتحد العناصر . ولزيادة الإيضاح نذكر الماء . فرمز الماء نتج أنه يد$_{٢}$ ا . نتج من أحجام اتحد بها الأيدروجين بالأكسيجين ، وأحجام خرج عليها بخار الماء . ولكن الوزن الواحد من الأيدروجين يتحد بـ ٨ أوزان من الأكسيجين . فبهذا قالت التجربة . وينتج من ذلك أن ذرة الأكسيجين أثقل من ذرة الأيدروجين ١٦ مرة ، أعنى أن الوزن الذرى للأكسيجين ، باتخاذ وزن ذرة الأيدروجين وحدة ، هو ١٦ . وصوّر أڤوجادرو فكرته عن هذا الاتحاد بالرسم الذى بشكل ٢٩ ، وهى نفس الصورة التى نرسمها لإيضاح هذه الفكرة اليوم .

ورفض دلتن كل هذا . ورفض معه أكثر الكيماويين ، وظلوا يرفضون نحواً من خمسين عاماً . لماذا ؟ لأن أڤوجادرو افترض أن جسيم



(شكل ٢٩)

رسم يوضح رأى أفوجادرو فى اتحاد الغازات . والمربع يمثل حجماً واحداً ، بينا المستطيل بمثل حجمين .

الأيدروجين يتجزأ ، وهو عند دلتن وأتباعه ذرة، فلا يمكن أن يتجزأ . ولأنه افترض أن الأيدروجين يتألف جُسيمه من ذرتين متشابهتين متطابقتين ومع ذلك هما تتحدان ! وتساءلوا : وما الذى يربط ذرتين متشابهتين متطابقتين إحداهما بالأخرى ؟

وألح برزيليوس (Berzelius[1]) فى رفض هذا الاتحاد بين الذرات المتشابهات إلحاحاً شديداً . وهو كيماوى سويدى عظيم من كيماويى النصف الأول من القرن التاسع عشر . وكان سبب إلحاحه أنه جاء بنظرية بناها على أن الذرات عندما تتحد ، فإنما تتحد للذى بينها من تجاذب كهربائى . والذرات المتشابهة المتطابقة لا تتجاذب كهربائياً ،

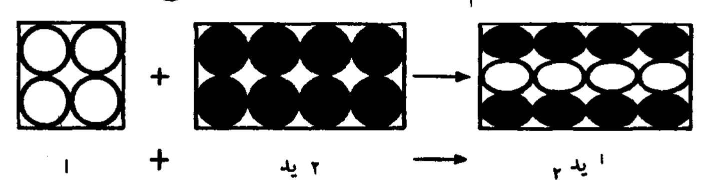
---

(١) جون جاكوب برزيليوس (١٧٧٩ - ١٨٤٨) الكيماوى السويدى . درس الطب فى أبسالا ، ثم اشتغل بالطب ، ثم تعين محاضراً فى الكيمياء فى الأكاديمية الحربية فى استكهلم ، ثم أستاذاً فى الفرماكوبية والطب . وفى ١٨١٠ صار عضواً فى أكاديمية العلوم بالعاصمة ، ثم رئيساً لها . ومنحه الملك البارونية . وهو مكتشف السيلينيوم والثوريوم ، وحضر بعض الفلزات الأخرى منفردة ، ودرس مجموعات كثيرة من المركبات غير العضوية . ولم يكد يترك باباً فى الكيمياء إلا دخله وأدى للكيمياء فيه خدمة .

وإن كان لا بد بينهما من شيء فهو التنافر . ونظرية برزيليوس هذا هى التى أوحت فى عصور أحدث بتحليل الماء بالكهرباء .

وعلى إلحاح برزيليوس فى الرفض ، فهو قد قبل نصف ما اقترح العالم الإيطالى ، وقال فى الماء إن حجماً من الأكسيجين يتحد بحجمين من الأيدروجين ، وأن هذه حقيقة لا شك خطيرة . وأن أفوجادرو قد صدق فيما يختص بالعناصر الغازية دون المركبات — أعنى أن الأحجام الواحدة من العناصر الغازية تتألف من عدد من الذرات واحد — . وصوّر برزيليوس ما تصوّره عن اتحاد الأيدروجين بالأكسيجين لتكوين الماء بالرسم الذى بالشكل ٣٠ .

وأنا فى هذا الرسم صورت الذرات كما لو مس بعضها بعضاً ، وذلك لأن برزيليوس ومعاصريه كانوا يتصورون أن الغازات تتألف من جسيمات متصل بعضها ببعض هكذا . ونحن فى فرض أفوجادرو ننظر إلى الجزئيات على أنها لا تشغل من الحيز الذى هى فيه غير جزء منه صغير . وبرزيليوس لم يفسر كيف أنه تكوّن من بخار الماء حجمان . وهو فى الصورة التى رسمها ضم الذرات التى يتألف منها الماء بعضها إلى بعض رصًّا ، ولكنه لم يفسر لم تناسب هذا الحجم من بخار الماء تناسباً بسيطاً مع أحجام لعناصر



(شكل ٣٠)

رسم يوضح رأى برزيليوس فى اتحاد الغازات

نشأ منها ، من أيدروجين وأكسيجين . ولعلك إن كنت سألته لقال لك « إنه شيء من تلك الأشياء التي كثيراً ما يعز تفسيرها ». وبالرغم من قصور النظرية التي أتى بها برزيليوس فهي قد أثمرت ثمرات طيبات . وهو بها ابتدع نظاماً في الكيمياء كان له نفع كبير . ولكنها لم تلبث أن اعترضتها العقبات ، فذهبت مثل ما ذهب غيرها من نظريات .

إن الذي ينظر الآن إلى الوراء ، إلى عهد أڤوجادرو ، يجد أنه كان شائعاً في عام ١٨١٥ ثلاثة أشياء على الأقل ، بل أهواء ، وقفت تعترض سبيل نظريته . أما الشيء الأول فهو الفكرة السائدة بأن جسيمات الغازات كان يمس بعضها بعضاً في الحيز الذي هي فيه . وأما الشيء الثاني فإن ذرتين من عنصر واحد لا يمكن أن تتحدا . وأما الشيء الثالث فنظرية برزيليوس، النظرية الكيماوية الكهربائية Electrochemical . ولعل من الخطأ أن تسمي هذه النظرية هوى من الأهواء . إن هي إلا نظرية اعترضت نظرية أخرى فمنعتها من الوصول إلى الناس ، إلى حين .

ومن المحاولات التي أجريت للإتيان بالأدلة التي تثبت فرض أڤوجادرو ما صنعه كيماوي فرنسي في العقد الثالث من القرن الماضي . والذي صنع لم يؤازر فرض أڤوجادرو ، بل إنه لكاد يذهب بثقة الناس في النظرية الذرية برمتها . وهذا الحادث من أغرب الحوادث التي وقعت في العلم في القرن التاسع عشر . وهو يتلخص فيما يلي : اكتشفت طريقة لقياس الأوزان النسبية لأبخرة عناصر كالزئبق وكالكبريت لا تتغوز إلا في درجات من الحرارة عالية . فإن صح فرض أڤوجادرو الأول ، فمعنى هذا أن هذه الأوزان النسبية لهذه الأبخرة هي عينها الأوزان النسبية للجسيمات

التى تتألف منها هذه الأبخرة – ما دام أن فرض أڤوجادرو يقضى بأن الحجم الواحد من غاز يحتوى عدداً واحداً من هذه الجسيمات – . وقبل أتباع برزيليوس هذه النتيجة وهذا الفرض فيما يختص بالعناصر الغازية وحدها . ثم حدثت كشوف أقلقت البحاث كثيراً . ذلك أن الأوزان النسبية لأبخرة أكثر العناصر لم تتفق والنتائج التى منها حسبوا الأوزان الذرية لهذه العناصر. ولو عبرنا عن هذا الذى حدث بلغة هذا العصر الحاضر لقلنا إننا لو مثلنا الأيدروجين بالرمز يد$_٢$ (ذرتان فى جزيئه) ، إذا لاحتوى بخار الزئبق ذراته فرادى غير متحدة ، وإذاً لاحتوى بخار الكبريت عدداً لا يقل عن ست ذرات متحدة معاً .

ونظر كيماويو عام ١٨٣٠ إلى هذه النتائج فكفروا بها . قالوا إن العناصر الغازية كالأيدروجين والأكسيجين والأزوت والكلور كلها سارت على أسلوب واحد ، فجسميها يحتوى ذرة واحدة على رأى برزيليوس ، أو هو يحتوى ذرتين على قول أڤوجادرو . فكيف يمكن القول بأن طبيعة الأشياء ، ومن عادتها الاطراد ، تخرج على هذا الاطراد فتجعل فى جسيم الغازات ذرة أو ذرتين ، ثم هى تجعل فى جسيم غازات أخرى ست ذرات ؛ وكان العلماء تعودوا أن يفرضوا البساطة فيما تجرى به الطبيعة ذاتها . وفرضوا هذه البساطة فى الطبيعة فى العقود القليلة الأولى من القرن التاسع عشر ، وخرجوا منها على أن العناصر الغازية بجزيئاتها جميعاً عدد من الذرات واحد . فلما جاءتهم هذه النتائج ، بذرة أو ذرتين فى حالات ، وبست فى حالات ، كانوا بين أن يطرحوا إيمانهم ببساطة الطبيعة فيما ترتبه من أمور ، وبين أن يطرحوا نظرية أڤوجادرو وما أتت به من نتائج . واختار أكثر العلماء

اطراح نظرية أفوجادرو . وباطراحها ذهب كذلك النظام الذى ابتدعه برزيليوس ،وأعانت على ذهابه أسباب مستقلة أخرى . وما جاء عام ١٨٤٠ حتى كانت النظرية الذرية فى حالة يرثى لها . كثر معارضوها . وكل محاولة لتعيين كم فى المركبات من ذرات نظر الناس إليها شزراً . وتراجع الكيماويون إلى حيث وقف دلتن . واتبعوا القاعدة ، التى تقضى بفرض أكثر الأشياء بساطة ، وكتبوا رمز الماء يدا ، وعليه بنوا جدولا بالأوزان الذرية للعناصر .

لو أن هذه الصفحات اتسعت ، لكان من الممتع حقاً أن نتتبع إيمان العلماء بالذرة ، وبحقيقتها ، إذ هو يشتد حيناً ويضعف حيناً . ولكن يعوقنا عن هذا ، فوق ضيق المكان ، ضخامة ما يتبع ذلك من معلومات لا بد من إيرادها . وإذاً لوجدنا العقد الذى يبدأ بعام ١٨٤٠ والذى يبدأ بعام ١٨٥٠ ، هما العقدان اللذان نزل فيهما الإيمان بالذرّة إلى الحضيض . ولكن غيّر من هذه الحال نشأة النظرية الحركية ، النظرية الكينيتية (Kinetic Theory)[1] للغازات وهى تفسر ظواهرها الطبيعية. وغير من هذه الحال أن الكيمياء عجزت عن أن تتقدم بدون نظرية ذرية تكفى أغراض التقدم . كذلك حقائق الكيمياء العضوية ، وهى حقائق معقدة ، لم يمكن

(١) هذه النظرية جزء من النظرية الحركية العامة للمادة ، وهى تتصور الغازات جزيئات ذ ت حركة ، وهى فى حركة دائماً ، فى كل اتجاه ، وعلى درجات من السرعة . وهى تصطدم بعضها ببعض ، وتصطدم بجدار الوعاء فتحدث ضغط الغاز المعروف . وحرارة الغاز تتوقف على ما فى جزيئاته من طاقة حركية . وهذه النظرية تفسر ما فى الغازات من ميل للانتشار ، وخواص كثيرة أخرى .

السير بها سهلة بدون معرفة كم من الذرات فى الجزيئات ولو فيما يختص ببسيط المركبات . ومضى جيل من الكيماويين والطبيعيين ، الفيزيائيين ، يجمعون الحقائق فأخذت تهدف كلها إلى هدف واحد ، وأصبح الصباح فإذا بالكل يبادرون بالعودة إلى أڤوجادرو والعودة إلى نظريته . وتغلب الناس على ما كانوا وجدوا بها من شكوك . والتقت حقائق خرج بها الباحثون فى العقدين الخامس والسادس من ذاك القرن بالذى جاء به أڤوجادرو من مشروع تصورى عظيم . وعلى غير عهد أڤوجادرو الأول ، عهد النزاع والصراع ، لم تلق نظريته عند بعثها من معارضين . لم تلق غير ارتباك واختلاط . وفى عام ١٨٦٠ قبل الناس النظرية الذرية الجزيئية على الصيغة التى تدرسها بها اليوم مدارسنا ، وذلك على الأكثر بفضل كانيزّارو ، وبفضل ما قام به من عرض جميل . ومن هذا اليوم ، وعلى التو ، أخذت الكيمياء تتقدم سريعاً ، فى اتجاهات كثيرة . وهذا مثل من أثر الفكرة الجديدة أو المشروع النظرى الكبير ، وهو أثر ثورى انقلابى كأثر الجهاز المخترع ، أو الآلة المبتدعة ، تفتح حقولا للكشف جديدة . ولكن للآلات المبتدعة والأجهزة المخترعة قصة أخرى . وحيث قد بلغنا بالقارىء فى تاريخ الكيمياء إلى منتصف القرن التاسع عشر . يحسن بنا أن ننتقل به إلى فروع من العلم أخرى نوضح له فيها طرزا من العمل أخرى غير التى ظهر له منها فى الأبواب السالفة .

الباب الثامن

دراسة الأحياء الحية فى التاريخ الطبيعى [1] وعلم الأحياء التجريبى [2]

إن دارس علم الأحياء له أن يشكو أنى إلى الآن ظللت أتحدث ، لا فى العلم التجريبى ، ولكن فى العلوم الطبيعية وحدها . وأنا أتقبل هذه

---

(١) لا بد من توضيح « التاريخ الطبيعى » لبعض القراء . إنه اصطلاح له معنى قديم ومعنى حديث . أما المعنى القديم فـ نه العلم الذى يعنى بالنباتات والحيوانات والمعدنيات وأشياء طبيعية أخرى ، من حيث دراستها ووضعها وتقسيمها ، ويدخل فيه علم النبات وعلم الحيوان وعلم المعدنيات على الحالة التى كانت عليها هذه العلوم قديماً . أما بالمعنى الحديث فهو يطلق على دراسة هذه العلوم دراسة سطحية ، لا يدخل فيها التشريح الحديث مثلا ولا الفسيولوچيا الحديثة ، وهو فى العادة يقصر على دراسة النباتات والحيوانات ، وعلى الأخص على الثانية ، فيتعرف مواطن الحيوانات وعوائدها وما إلى ذلك .

(٢) علم الأحياء أو البيولوچيا الحديثة علم يختص بدراسة كل ما هو حى من نبات وحيوان . وهو يتضمن ما كان من الأحياء نباتاً وما كان حيواناً . وهو ذو أفرع عدة : منهما علم الأشكال أو المورفولوچيا ، وهو يدرس تركيب الأحياء وبناءها ، وهو ينتهى إلى علم تقسيم الأحياء إلى عائلات ورتب وأجناس وأنواع ، بناء على ما بينها من تشابه ومن اختلاف. وقديسمى هذا العلم بالبيولوچيا التنسيقية ، لأنه يضع الأحياء فى نسق ونسق ونسق، ويرابط بين الانساق . وهذه التسمية واردة فى هذا الباب كثيراً . ومن علم الأحياء الحديث علم التشريح ، وهو يعين فيما يعين علم الأشكال ، والملاحظة (بالمعنى الاصطلاحى . انظر هامش صفحة ١٩) هى الغالبة هنا ومن علم الأحياء كذلك الفسيولوجيا ، أو علم وظائف الأعضاء . والتجربة (بالمعنى الاصلاحى . انظر نفس الهامش) هى الغالبة هنا . وهلم جرا . وعلم الأحياء التجريبى الذى يذكره المؤلف فى هذا الباب وغيره ، دى تلك الفروع من علم الأحياء التى تكون فيها التجربة ، بمقدار يقل أو يزيد ، هى وسيلة البحث فيه .

الشكوى عن رضا ، وفى هذا الباب والذى يليه سوف يجد القارىء أنى أحاول أن أسد النقص ، وأعود بالميزان إلى اعتداله من بعد اختلاله .
ومع هذ فأنا أقول إن عالم الأحياء التجريبى يهتم اليوم أكبر اهتمام بالمسائل الكيماوية والفيزيائية لأنها صارت أشياء لا يمكن عنها استغناء لفهم علم الأحياء . هذه حقيقة لا شك صادقة فيما يختص بالباحث ، ولا أحسبها أقل صدقاً فيما يختص بالدارس أو القارىء . وما عليك إلا أن تزور معملا أو مختبراً فى مدرسة للطب أو فى مستشفى ، أو فى محطة زراعية ، وأن تنظر إلى ما به من جهاز ، وأن تتحدث إلى ما به من نساء ورجال ، حتى تقتنع بالذى أقول . وسوف تجد صعوبة فى تمييز هذا المعمل عن معامل رأيتها تشتغل بالكيمياء أو بطبائع النواة من الذرة .

شىء واحد سوف يميز هذا المعمل ، أو هذا المختبر ، عن سواه من المعامل والمختبرات . ذلك أنه ما من مسألة للبحث قائمة إلاولها اتصال بشىء ذى حياة . وأغلب الظن أنك واجد هذا الشىء الحى ، نباتاً كان أو حيواناً ، فى نفس هذا المعمل والمختبر . فإن لم يكن فهو فى مكان قريب لا يبعد عنه كثيراً ، عيادة للمرضى ، أو بيت من زجاج لتربية النباتات ، أو مزرعة تجريبية ، تتصل به مباشرة أو غير مباشرة . والرجل الباحث ، سواء سمى نفسه طبيباً إكلينيكياً ، أو عالماً فى الطب أو فى فسيولوچية النبات ، أعنى وظائف أعضائه ، أو فى الكيمياء الطبيعية ، أو فى الفيزياء الحيوية ، فحقله الذى يعمل فيه هو حقل علم الأحياء التجريبى ، بمعناه الأوسع ، إذا ما وجه هذا الرجل الباحث أفكاره إلى حيوان أو نبات

يدرسه بحسبانه وحدة حيوية كاملة . وطرز البحث التى اطلعنا عليها فى الأبواب السابقة ، وأساليب الهجوم والدفاع التى مررنا بها ، تفيدنا فى فهم ما يجرى فى هذا الحقل الكبير الخطير من حقول العلم . ومع هذا فلهذا الحقل الكبير ، فى عمومه ، اعتبارات خاصة جدير بالقارىء أن يلم بها .

فأولا لا بد من ربط النشأة التاريخية لعلم الحياة التنسيقى systematic biology[١] بعمل عالم الأحياء التجريبى . وثانياً لا بد من النظر فى المنهج المتبع فى الدراسات الجارية فيما قد نسميه علم الأحياء بالملاحظة[٢] Observational biology ذلك لأن توزع النباتات والحيوانات على ظهر الأرض توزعاً جغرافياً ؛ واستنباط طرق جديدة ونظم مستحدثة لتقسيم النباتات والحيوانات والكشف عن تواريخ حياة الكائنات الحية ، كل هذه صارت اليوم مطالب هامة فى علم الأحياء .

إن الناظر فى منهج العالم التنسيقى ، ودارس التاريخ الطبيعى ، يشعر لأول وهلة أنه منهج أقرب ما يكون إلى مناهج بادهة يتبعها الناس فى حياتهم[٣] ، بحيث يبعد عن صنوف البحوث التجريبية التى كنا بصددها . والحق أن من العلماء المشتغلين بالتقسيم والتبويب من يختلف معى فى التعريف الذى عرفت به العلم ، ويود أن يعرّف العلم بأنه

---

(١) علم الحياة التنسيقى عمله تقسيم الأحياء أنواعاً وأجناساً وأصنافاً تبعاً لما بينها من مشابهات ومن فروق . وقد يسمى علم التقسيم . انظر الهامش السابق .

(٢) انظر الهامش الأسبق وما قلناه فى الهامش فى الفرق بين معنى الملاحظة ومعنى التجربة ، اصطلاحاً ، بصفحة ١٩ .

(٣) انظر الفرق بين الاختبارية والتجربة فى الهامش بصفحتى ٩١-٩٢ .

المعارف مبوبة مقسمة . ومع هذا فاسمع معى ما قال مارستون باتس Marston Bates فى كتابه الحديث المسمى طبيعة التاريخ الطبيعى The Nature of Natural History ، فهو فيه يقول : « إن التقسيم هو فى جوهره مشروع تصورى » ، ويزيد فيقول إن أى محاولة تجعل من هذا التقسيم شيئاً ثابتاً جامداً لا مرونة فيه تخرجه من حظيرة العلم . فعند هذا العالم البيولوچى ، على الأقل ، أن تعريفى من السعة بحيث يشمل كل علم الأحياء فلا يترك من فروعه شيئاً . ذلك التعريف الذى يقول «إن العلم مجموعة مترابطة من تصورات ذهنية ومشروعات تصورية ، تخرج من الملاحظة ومن التجريب ، وتؤدى بدورها إلى ملاحظة جديدة وتجريب جديد » . وقبل أن نبدأ فنذكر بعض خصائص التجريب فى علم الأحياء ، فى البيولوچيا ، نقف قليلا لنغير قليلا بعض ما قلناه فى مكان سابق من هذا الكتاب عن نشأة العلم الحديث .

إننا تعرفنا فيما سبق من صفحات على تيارات ثلاثة من تيارات الفكر والعمل ، التقت فى القرنين السادس عشر والسابع عشر ، فنشأ من تلاقيها العلم الحديث (انظر صفحة ٧٦) وعندئذ لم نمس الطب ولا الزراعة إلا مسًّا . واقتصرنا فى التمثيل على نيل المعرفة بواسطة الخبرة الإنسانية الفطرية (الاختبارية) التى ليس وراءها تخطيط ولا تنظيم ، ولا فروض ولا نظريات ، وذلك بضرب الأمثال مما جرى ويجرى فى أشغال المعادن وما شابهها من أنواع الحرف المختلفة . ولكن من البديهى أنه من الخبرة الفطرية البادهة أيضاً ما اكتسبه الإنسان فى تاريخه الطويل فى زرع النباتات ، وتربية الحيوانات ، وتخمير

المشروبات وخبز الخبز وتحضير الكثير من صنوف الطعام . ألقى جون تندال [١] John Tyndall فى عام ١٨٧٦ خطاباً استخدم فيه لفظة الخبرة أو الاختبارية empiricism بالمعنى الذى استخدمتها أنا فيه فى الصفحات السالفة . قال : « إنه إلى هذا العام لم يتقدم أحد بدراسة وافية مستوعبة للعوامل التى تعمل فى البيرة وهى تصنع ، ولا للشروط التى تتوافرلها لتصح ، ولا لما يصيبها من أمراض وأرزاء . ونحن إلى اليوم نجد حرفة الخمار كحرفة الطبيب كلتاهما مؤسسة على الاختبارية empiricism والملاحظة . وبهذا أعنى ما يلاحظه الرجل من حقائق بعينيه وشتى أحاسيسه ، بصرف النظر عن تفهم ما وراء ذلك من أسباب ، تلك الأسباب التى إذا هو عرفها زاد عقله بها سيطرة على ما يجرى بين يديه من تغيرات . إن الخمّار عرف بالخبرة الفطرية الطويلة شروط النجاح فى التخمير لا أسبابه » .

وإلى الخبرة الفطرية الطويلة التى اكتسبها القائمون بصناعة المأكولات والمشروبات يجب إضافة الملاحظة الاختبارية empirical التى جرى عليها الأوائل من رجال التشريح ودارسى الأحياء فى شتى ظواهرها . غير أن هذه الملاحظة لم ينتج عنها تغيير فى الإجراءات العملية بمقدار ما نتج عنها من زيادة فى المعرفة بتراكيب الأحياء وما بينها من علائق . لهذا وجب علينا تبعاً لذلك أن نرجع إلى التيارات الثلاثة ، من تيارات الفكر

---

(١) جون تندال (١٨٢٠ – ١٨٩٣) فيزيائى إنجليزى .

والعمل ، التى ذكرناها لنعدّ لها جميعاً .

إن تقسيم الأحياء ، ووصف تراكيب أنواع كثيرة منها ، كوّنا فى العصور القديمة والعصور المتوسطة جزءاً هامًّا من العرفان الإنسانى التقليدى . والذى كتبه أرسطو فى التاريخ الطبيعى ظل زماناً مثلا عالياً يحتذيه الناس للتقسيم والتبويب ، كيف تستخرج مبادئه بالمنطق مما يتجمع عن الأحياء من معارف ومعلومات . فقد كان أرسطو رجلا دقيق الملاحظة ، ورجل منطق من الطراز النادر . لهذا وجب علينا أن نتوسع فى معنى التيار الفكرى الذى أسميته « بالتدليل الاستنتاجى » حتى يتسع لمنطق التقسيم والتبويب .

وبهذا التعديل اليسير يصبح وصفى السابق للعلم الحديث ، كيف بدأ فى القرنين السادس عشر والسابع عشر ، يشمل العلوم الطبيعية وعلوم الأحياء معاً . إن التصورات الذهنية التى نشأت فى علم الأحياء ارتبط أكثرها بالملاحظة لا بالتجريب والأفكار العامة التى نشأت فيه ، نشأت لتزيد التركيب الوصفى للأحياء ولما بينها من علائق حسن وصف وصدق علائق .

ولكن علم الأحياء يختلف تاريخه عن تاريخ العلوم الطبيعية فى وجه آخر من الوجوه خطير . ذلك أن عالم الأحياء ، على نقيض عالم العلوم الطبيعية ، لا يستطيع أن يدخل فيوغل فى عالم من التجريب مصطنع كبير . وهو دائماً يلتزم اعتبارات يلتزمها الرجل العادى بطبعه ، وهو لا يستطيع أن يتحلل من ظروف يفرضها عليه العمل . والدائرة التى يجول فيها محددة بالتعريف ، فهو موقوف على الكائنات الحية ، ولو أنه

يستطيع أن يبحث فى غير الحية ، ولكن ليتحقق مسألة قائمة فى الحى من الكائنات . ومعنى هذا أنه لا يعمل إلا فيما تقدمه الطبيعة له من أشياء . ولعل هذا الفرق الذى أحاول إيجاده بين علوم الأحياء ، وعلوم الطبيعة فرق لا وجود له . فنحن نستطيع أن نقول إن الكيماوى ، بينما أنه قادر على أن يخلق من حوله دنيا من المركبات الكيماوية التخليقية الاصطناعية (Synthetic) التى لم تعرف أبداً ، فهو إنما يبدل ويغير فى مواد أعطتها له الطبيعة أولا فليس له فيها اختيار . حتى رجل الطبيعة ، رجل الفيزياء ، ذلك الذى أتى فى عصرنا هذا الحاضر بعناصر لم يكن لها من قبل وجود ، إنما فعل ذلك بالذى قدمته إليه الطبيعة من قوى يعمل بها ومادة يعمل فيها . ومع كل هذا القول ، أنظر إلى المسألة من وجهتها التاريخية فلا أستطيع أن أمنع نفسى من استبانة فرق . ذلك أن عالم الأحياء ، مهما يدع أنه إنما يبحث فى العلم من أجل العلم ، فهو لا يمكن أن ينسى أنه إنما يعمل فى أحياء، وأن هذه الأحياء مرتبطة بالإنسان ، بسعادته وبشقائه، وبضيق عيشه وبسعته . ونتيجة لهذا لا يجد الإنسان فى نشأة علم الأحياء ذلك التباعد الذى ظل قائماً زمناً طويلا بين الوجوه العملية والوجوه النظرية فى علم الكيمياء وعلم الطبيعة على السواء ، ففى علم الطبيعة ، إذا نحن استثنينا ربابنة السفن ، لا نجد من الرجال العمليين فى النصف الأول من القرن الثامن عشر من انتفع إلاقليلا بالذى استجد فيها من حقائق . وجهدت الجمعية الملكية فى لندن ما جهدت لتجعل هذه الحقائق أكثر نفعاً للناس ولكن ذهب الكثير الأكثر من جهدها عبثاً .

إن المقارنة التى أنا مجريها بين العلوم الطبيعية وعلوم الأحياء ،

فيما بين عام ١٥٥٠ وعام ١٨٥٠ . إن هى إلا مقارنة بين مجموعة علوم نظرية مجردة ، تزداد تجرداً على الأيام ، وهى فى أكثرها بعيدة عن أعمال الحياة الجارية وضرورات العيش ، وبين مجموعة أخرى من العلوم أكبر ما تعتمد عليه الخبرة العملية ، وهى ترتبط أكبر ارتباط بأعمال الحياة الجارية وضرورات العيش . إن علم تنسيق الأجناس لا رياضة فيه ، والآراء المستخدمة فيه قريبة من آراء يستخدمها السواد من الناس فى عيشهم الجارى . وإلى القرن التاسع عشر لم تلعب الفروض النظرية ولا التصورات الذهنية إلا دوراً صغيراً فى نشأة علوم الأحياء ، تلك النشأة التى تقاس أكثر ما تقاس بمعارف عن النبات والحيوان متراكمة . والذى دخل هذا الركام من المعارف يقسمها وينظمها ويفرزها قبائل وأجناساً ، وخصائص وأوصافاً ، إنما دخل إليها بسبب حاجة الإنسان القصوى إلى ذلك . فالمرض والموت ذكرهما الناس ويذكرونهما دائماً أبداً . والطب لعله أول مهنة وأقدم مهنة امتهنها الإنسان . ولما جاء عهد النهضة ، ولذ للناس أن يأخذوا العرفان بأعينهم وبآذانهم ، صارت مدارس الطب مراكز هذا العلم الجديد . وبحث أساتذة جامعة پدوا Padua الشهيرة بإيطاليا فى تركيب جسم الإنسان بتشريحه ، وذلك لينتفعوا بالذى يجدون من ذلك فى الطب وعلاج الناس . ولعل من الطريف أن نذكر هنا أن وليم هرڤى William Harvey كان يدرس علم التشريح هنا ، فى هذه الجامعة ، مع أستاذه فبريشيوس[١] Fabricius ، فى عام ١٦٠٠ ، بينما كان جاليليو

---

(١) عالم التشريح الإيطالى ، درس ودرّس فى جامعة پادوا الشهيرة . وببحوثه تأثر تلميذه هرڤى فاكتشف من الدورة الدموية ما اكتشف . ولد عام ١٥٣٧ ومات عام ١٦١٩ .

أستاذاً فى نفس هذه الجامعة .

إن هرڤى اكتشف الدورة الدموية فى عام ١٦٢٨ ، وهذا عام فى تاريخ العلم لا ينسى ، وهذه الصورة الذهنية الجديدة عن الدم ، التى تصوره سائلا يدور فى الجسم ، نشأت عنده مما لاحظ بعينه وجرب بيده . وهى أثمرت من الثمرات ما لا سبيل إلى تقديره . وسمينا الذى اكتشفه هرڤى بالصورة الذهنية ، وقد يرى القارئ أن دورة الدم ليست بالصورة الذهنية وإنما هى حقيقة . ولكن الفكرة عند ما بدأت وتقدم بها هرڤى كان بها من صفة الصورة الذهنية الجديدة بمثل ما كان فى الفكرة التى تصور « الجو بحراً من هواء » . ولست بمعيد هنا ما سبق أن قلته فى باب سابق عن صعوبة التمييز بين الفروض العلمية hypotheses والصور الذهنية concepts والحقائق facts . بالطبع إن الصورة الذهنية اوظيفة من وظائف عضو بجسم ، كالقلب ، أقل كثيراً فى عمومها وفى تجردها من الصورة الذهنية التى تصور الجو بحراً من هواء . وهما معنيان أقرب لما يفهم سواد الناس من معان ، منها للمشروعات التصورية كالنظرية الذرية ، أو بالفرض الذى يقول بأن الحرارة سائل فياض . وهرڤى كان يجمع بين الملاحظة الاختبارية والتجريب ، وبين رغبة عنده فى الكشف عن كل مبدأ عام من مبادئ العلم خبىء ، بالضبط كما كان معاصره پسكال Pascal . وتعلم فى « پدوا » دقة التشريح وقوة الملاحظة ، فكشف بهما كشفاً من أخطر الكشوف وأعمها . وتضمن كشفه هذا نتائج وصفية ، وليست تقديرية ، وليست هى مما يصاغ حتى فى صيغ رياضية تقريبية ،

ومع هذا فلا يستطيع أحد أن ينكر علاقتها بالتقدم الجارى عن ذلك فى العلوم الطبيعية .

ومثل آخر للدلالة على دخول الطرق التجريبية إلى العلوم الحيوية فى وقت مبكر هو منتصف القرن السابع عشر نستمده من تجارب أجريت فى سبيل إيضاح بعض جوانب المسألة الصعبة الشائكة ، مسألة «التولد الذاتى» (Spontaneous Generation)[1] . وقام بهذه التجارب فرانسسكو ريدى Francesco Redi ، وهو عضو من أعضاء الأكاديمية الإيطالية الشهيرة بفلورنسا ، أكاديمية التجريب Accademia del Cimento وقد ذكرناها فى أبواب مضت . وكان « ريدى » طبيباً شغف بالعلم التجريبى الذى كان قائماً فى زمانه . وجمع إلى جانب الحذر فى الملاحظة المبادرة التجريب ليطلب جوابا لسؤال عن مسألة عامة ، وإذاً فهى علمية . وكانت المسألة أن اللحم إذا فسد ظهرت فيه أحياء من نوع ما ، فكيف تولدت هذه الأحياء ، ومن أى شىء تولدت ، أو هى لم تتولد من شىء ، وتولدت من ذات نفسها . تولدت تولداً ذاتياً ؟ ولست بذاكر تجارب « ريدى » هنا ، فهى من شأن باب آخر ، هو الباب التالى .

والآن فلنستمر فى متابعتنا ما كنا فيه أولا ، من ذلك الفرع من علم الأحياء الذى قد أسميه « علم الأحياء بالملاحظة » . إن الناس من قديم الزمان لا بد قد ابتدعوا عدة من طرق لتقسيم الحيوانات والنباتات .

---

(١) مسألة تاريخية قديمة ، اختصم فيها العلماء طويلا ، تبحث فى أصل الكائنات الحية الصغيرة ، هل هى كالكائنات الحية الكبيرة كالإنسان والحيوان والنبات ، لا تتولد إلا من أصل ، نطفة أو بيضة أو بذرة ، أو أنها تتولد من ذات نفسها ، بدون شىء من ذلك .

وكذلك الذين اشتغلوا بالزراعة منهم لا بد وجدوا الحاجة ماسة كل المساس إلى قواعد يتعرفون بها أنواع النباتات وأنواع البذور . وأغلب الظن أنه ما هلّ فجر التاريخ المكتوب حتى كان لدى الناس ذخيرة عظيمة من العلم جمعوها مما خبروا من الطبيعة ولاحظوا ما بها من أحياء . وهي ذخيرة كانت أداة من أدوات العيش التي لا غنى عنها . ومع هذا فلا يستطيع أحد أن يسمى هذه الذخيرة ذخيرة علمية من المعرفة . وأنا إن سميتها فإنما أسميها معرضاً من معلومات مما أثمرته الخبرة . ولكن جاء من بعد ذلك أهل العرفان وذوو العقول الفلسفية من الرجال فوجدوا فى الطبيعة الحية ما شاقهم فاتجهوا إلى هذه الذخيرة فأخذوا إليها ينظرون ، وأعملوا فيها منطقهم يحللون وينظمون ، وعقولهم يفكرون فيما صنعوا من تحليل وتنظيم ، وذهبوا وراء ذلك يتظننون . وأدخلوا فى هذا الشيء الكثير المركوم شيئاً من النظام ، ورتبوه ونسقوه . وزاد هذا شوقهم فزادوا به الطبيعة نظرات وزادوها ملاحظات وزادوها اختبارات ، لا لشيء إلا أن يضيفوا إلى ما رتبوا ونسقوا . وجاءت على أوربا العصور الوسطى فكان أرسطو عمدة هذه الأجيال فى علم هيئة الحيوانات وعلم طبائعها . وكان جالينوس[1] عمدتهم فيما يختص بتشريح الإنسان وعلم وظائف أعضائه . فهل نحن مطلقون على ما كتب أرسطو ، وما كتب جالينوس ، علماً بالمعنى الحديث الذى نفهمه اليوم من هذا

---

(١) جالينوس هو الطبيب الإغريقى ، ولد فى برجاموس ، فى آسيا الصغرى ، عام ١٣٠ ميلادية ، وتعلم الطب فى أزمير ، وكونتا ، والإسكندرية . وبعد ذلك طاف بصقلية وفينيقيا وفلسطين . وعاد إلى بلده يعمل فى منصب أعطيه . وبعد ٥ سنوات ذهب إلى روما حيث شاع ذكره. وهرب من حساده فعاد إلى بلده .ثم استدعاه قياصرة الرومان=

اللفظ ؟ وإن نحن فعلنا ، ففى أى عصر تبدأ تسمية فن تنسيق الأحياء هذا علماً . وإن نحن لم نفعل ، فهل لنا أن نقول إن ما كتبه فبريشيوس (Fabricius) ، أستاذ هرڤى ، وآخر رجال التشريح فى جامعة پدوا ، علماً ؟

إنا نستطيع أن نجادل فى ذلك أياماً ولا نخرج بشىء . لهذا أقترح أن نتبع طريقة أخرى فى دراسة تاريخ علم الأحياء أكثر من هذه الطريقة ثمرة ، وذلك بأن ندخل فيما نقول فكرة كانت ذات فائدة فى تحليل ما بين العلم والصناعة من علاقة . ولعل القارئ يذكر أنا تحدثنا هناك عن « درجة الخبرة الفطرية » Empiricism التى توجد فى مهمة عملية فى حقبة من الزمان ، وإنا نستطيع أن نستخدم هذا التعبير الموفق ، هذا المعنى الميسر ، فى أى حقل من حقول العلوم (انظر صفحة ٩٢) . وفيما نحن فيه ، نستطيع أن ندخل هذا المعنى . فهذه المعلومات الكثيرة التى تجمعت عن عالم الأحياء تقل درجة الخبرة الفطرية التى بها ، وتزيد فيها صفة العلم ، العلم الحديث ، بمقدار ما دخلها أو يدخلها من آراء عامة جامعة ، ومن صور ذهنية خاصة ، تكون هى أساس التقسيم والتفريق بين أجناس الأحياء جميعاً . والتقسيم وحده ، والتبويب وحده ، لا يعد علماً إلا إذا هو اعتمد على شىء خارج التقسيم والتبويب ، نظرات بالفكر عامة جامعة ، وتصورات ذهنية شاملة مجردة .

ولإيضاح هذا سوف أخرج دقيقة عن الطبيعة الحية إلى الطبيعة الجامدة . ففى الطبيعة الجامدة علمان ، يعرف أولهما بعلم المعدنيات

=فاستجاب . ومات فى نحو عام ٢٠٠ ميلادية . وظل سلطانه قائماً فى أوربا إلى منتصف القرن السادس عشر .

Mineralogy ، ويعرف الثانى بعلم الصخور ، رسمها وتقسيمها Petrography ، فهذان العلمان نشآ أول ما نشآ عن مشروعات مبدئية بدائية لتقسيم الصخور وأتربة الأرض . وكانت على بداءتها ضرورية تنفع الناس فى التعدين وفيما يستخرجون منها من معدنيات . والذين يطلعون اليوم على كتب التعدين التى كانت حتى فى القرن الثامن عشر يجدون أن ما بها من صنوف المعارف كان عمادها الخبرة الفطرية العادية البحتة ، ومع هـــذا كانت نافعة أكبر النفع فى استخراج المعادن لمن يستخرجونها . ولم يتهيأ لعلم المعادن أن يعتمد على أساس علمى معقول إلا بعد أن قامت الثورة الكيماوية فى أواخر ذلك القرن . ومن الرجال الذين هدفوا إلى استغلال النظرية الذرية فى هذا أكبر استغلال ، برزيليوس Berzelius ، وهو الذى وجه عنايته إلى هذا العلم ،علم المعدنيات ، ليجعل منه علماً حقًّا وصدقاً . واليوم ، وقد مضى وقت طويل على تقسيمنا أشياء هذا العالم المعدنى بناء على ما فى علم الكيمياء وعلم الفيزياء من صور ذهنية ، ومشروعات تصورية ، جنحنا إلى اعتبار ما كان فى علم المعدنيات قديماً أنه محصول خبرة بحتة لا علم فيها . ومع هذا فالباحث فى كتب القرنين السابع عشر والثامن عشر التى كتبت فى هذا العلم لا يعدم أن يجد تصوراً فكريًّا هنا ، وفكرة عامة هناك ، وهى أولية لا شك ، وبادئة غير ناضجة لا شك ، ولكنها سمات التحول الأولى ، تحول هذا العلم إلى علم بالمعنى الحديث . وقد قلت بذلك فى هذا العلم خبرته البحتة ، وقلت درجتها ، وزادت علميته ، وزادت درجتها . وحدث هذا قبل قيام الثورة الكيماوية ، واستقرار النظرية الذرية .

ولعلنا لا نخطئ إذا قلنا إن حال علم الاحياء التنسيقى Systematic Biology ، أو إن شئت علم تقسيم الأحياء فى عام ١٨٥٠ ، كانت كحال علم المعدنيات فى عام ١٧٥٠ ، وحتى اليوم يشك الإنسان فى أن أثر النظرية الذرية فى علم المعدنيات ، كان له نظير فى علم الأحياء التنسيقى ، ولو أن ظهور نظرية النشوء فى القرن التاسع عشر ، والتقدم السريع الذى وقع فى علم الوراثة Genetics فى القرن العشرين ، غيرا صورة هذا العلم تغييراً كبيراً . فإنه ليس من أحد يستطيع اليوم أن ينكر أن الرجال القائمين بتنسيق الأحياء ، والتعرف عليها ، ودرس تواريخ حياتها وعلاقات ما بين النباتات والحيوانات ، إنما يعملون فى حقول فيها الخبرة الفطرية هى السائدة . ومع هذا فقليل من الناس ، من سنوات مضت قليلة ، شكوا فى قيمة ما يضيف هؤلاء الرجال إلى جداول الأحياء، فى كتب النباتات والحيوانات ، من جديد ما يكشفون عنه بالملاحظة ، اعتماداً على الخبرة ، من صنوف الأحياء فى تلك التى تتمثل فى المتاحف من حيوانية ونباتية .

إن الاهتمام الذى اتصل على السنين بحقل من الحقول لا يزال تغلب فيه الخبرة الفطرية ، وهى التى تقابلها فى العلم الحديث التجربة العلمية ، يرجع على ما أحسب الى اعتبارات عملية وأخرى عاطفية . إن الحقائق ، إذا تجمع منها قدر عظيم ، وكانت ذات فائدة ، فالخير كل الخير فى أن تتقسم وتتنظم . وأى أسلوب للتقسيم خير من ألا يكون تقسيم . والظاهر لى أن اهتمام الإنسان بالأشياء الحية هو القوة الدافعة التى صاحبت التاريخ الطبيعى فى نشأته ، وصاحبت علم الأحياء التنسيقى . وقد ذكرنا

من دوافع هذا الاهتمام ما اتصل أمره بالزراعة والطب . ولكن هناك سببا آخر أفعل وأشد أثراً ، ذلك أن الناس ترى أنفسها ألصق بالطبيعة الحية منها بالطبيعة الجامدة الميتة . والفرد منا يحس ، وهو يفكر فيما بين الحيوانات وبين النباتات من علاقات ، بأنه يفكر فى شىء أخطر مما يفكر فيه عند ما يحاول تقسيم معدنيات على غير علم بالكيمياء . وفوق هذا فالفكرة يصوغها الإنسان بطبعه ، والنظرات يرسلها فى الأشياء على بداهته ، تثمر من المعارف فى الحقل الحى ، حقل الحيوانات والنباتات فوق ما تثمر فى الحقل الجامد ، حقل المعادن والمعدنيات . ومهما يكن من شىء ، فمنذ بدأ عصر النهضة ، تعاون المستكشفون والباحثون الضاربون فى أحضان الطبيعة ، فى ملء المتاحف بعينات من النبات جاءوا بها من كل طرف من أطراف الأرض . وجاء خلف لهذا السلف سار سيرتهم إلى يومنا هذا .

واخترع الميكروسكوب ، أى المجهر ، فى القرن السابع عشر ، وباختراعه فتح باب بل أبواب للكشف عظيمة ، ظهرت من ورائها دنيا مجهولة لم يكن اطلع عليها الإنسان قط . وتحسن الميكروسكوب فى أوائل القرن التاسع عشر فزاد فى سعة مجال الكشف ، ومكن من دراسة تاريخ حياة الأحياء الصغيرة المتناهية الصغر ، الأحياء الميكروبية . والأثر الذى كان لهذا التحسين فى الجدل الشهير حول نظرية « تولد الأحياء الذاتى » كان أثراً كبيراً ، وسيجىء ذكر هذا . كذلك مكن تحسين الميكروسكوب من دراسة تركيب الأنسجة النباتية والحيوانية . وجرى التشريح الكبير ، التشريح بالعين المجردة ، إلى جانب التشريح الصغير ، التشريح بالعدس المكبر ، بالميكروسكوب ، جنباً إلى جنب . وإلى جانب اهتمام العلماء بتقسيم الأجناس ،

من نباتية وحيوانية ، والتعريف على الجديد منها ، جرى اهتمام لهم بدراسة تولد الأحياء ، كيف يقع ، وتاريخ حياة الكثير من الأحياء ، كيف يكون ، وكانت الأحياء الصغيرة ، من حيوانات ونباتات ، فى كثير من الأحوال ، هى حاملات الأمراض والأسقام إلى الكبير من الأحياء، فحفز هذا رجل الطب ، من طب إنسانى وطب حيوانى ، وحفز عالم النبات التطبيقى ، حفزهم جميعاً إلى دخول هذه الحقول الجديدة من حقول البحث التى عمادها المجهر الجديد . ودخلوها بقوة . والذى يريد أن يقرأ خلاصة ممتعة مما أنتج هؤلاء من نتائج عملية فليقرأ الكتاب الرائع الذى كتبه مارستن باتس Marston Bates ، وسبق ذكره ، واسمه « طبيعة التاريخ الطبيعى The Nature of Natural History » .

إن الإنسان منا لا يستطيع أن يحكم حكماً قاطعاً فى أمر علم الحياة التنسيقى Systematic Biology ، ذلك الذى يقسم الأحياء فى ممالكها ، ويتعرف عليها وعلى الجديد منها ، لا يستطيع أن يحكم هل بلغ العلماء بهذا العلم إلى الحد الذى يقال عنده إن ما يبذلون فيه من مجهود لا يساوى ما يخرجون به منه من ثمرة . ولكن كثيرا من الناس يرى اليوم أنه قد تباعد ما بين رجل علم الأحياء التنسيقى ورجل علم الأحياء التجريبى Experimental Biologist . ويقع بين هذين الطرفين دارس عادات الأحياء وما بها من علاقات ، بين حيوانات ونباتات . ولكن التقدم السريع الحادث اليوم هو حادث فى الميدان التجريبى ، فى علم الوراثة وعلم الخلية وعلم وظائف الأعضاء والكيمياء الحيوية ، وما إلى هذه ، وهو يكاد ينذر أو يبشر بأن أحداثاً عظيمة ستقع فى هذا الميدان التجريبى

فإن صح هذا فسوف يكون لهذه الأحداث صداها فى الميدان التنسيقى ، بمثل ما أحدث التقدم فى الكيمياء فى أوائل القرن التاسع عشر صداه قوياً فى علم المعدنيات . ولكن الرجل من غير العلماء ، الرجل المتفرج الناظر إلى أحداث العلم من بعيد، يكفيه من كل هذا أن يكون قد اطلع على الدور الذى لعبه فى الماضى ذلك الجانب من علم الحياة الذى يعتمد على النظر والخبرة بالفطرة ، وأن يكون قد عرف علاقته بالبيولوچيا التجريبية ، وهى لاشك الجانب الذى يحظى اليوم باتساع فى رقعته سريع.

ولكن قبل أن أترك موضوع علم الأحياء التنسيقى ، لى كلمة فى العرفان المنسق Systematised قد أرى أن هذا موضعها . إنه مهما يكن من مستقبل هؤلاء الرجال الذين يقومون بهذا النوع من العرفان ، فى الجيل القادم ، أولئك الذين يعملون فى المتاحف الحيوانية أو المعاشب النباتية ، فإنى أراهم قد أضروا بالعلم من حيث لا يشعرون ، بأن وضعوا التقسيم وجمع الحقائق فى الصف الأول من أهدافهم . إن تقسيم كل الأجناس المعروفة ، وجدولتها ، وجدولة أفرعها ، قد يكون عملا ذا بال للأسباب التى سبق أن ذكرتها (ولو أنى أشك فى أن أسمى استكمال ملء خانات معينة فى هذه الجداول لا تزال خالية ، أشك فى أن أسميه علماً) . ولكن فواتهم تبرير هذا المجهود الكبير على شىء غير خدمته لأهداف عملية أدى إلى رأى يقول إن العلم مجموعات من معارف منسقة . وينتج عن هذا أن أى قطعة من معرفة نعثر عليها ، ونجد لها مكاناً خالياً فى نسق ما من أنساق العلوم ، تسمى علماً . وما على المرء إلا أن ينظر إلى ما يكون من هذا الأمر لو أنه هو وقع فى علم كعلم الكيمياء العضوية لكى يدرك

سخفه وسخف موقف يقفه صاحبه من العلم وبين العلماء .

إن عدد المركبات الكيماوية التى يستطيع الكيماوى أن يحضرها فى الكيمياء العضوية ، من مركبات الكربون ، لا تكاد تكون له نهاية . ولأضرب مثلا لذلك . إن أبسط مركب عضوى هو هذا الذى يحتوى ذرة واحدة من الكربون متحدة بأربع من الأيدروجين . واستهداء بالنظريات الحديثة فى الكيمياء ، وطوعاً لها ، نقول إن كل مركب فرد ، كل عضو من السلسلة الدهنية البرافينية يحتوى الكربون والأيدروجين بنسب خاصة وعلى صور خاصة . وتبدأ هذه السلسلة بالمركب الأبسط الذى ذكرنا ، وفيه ذرة من الكربون وأربع من الأيدروجين ، ويتمثل رمزه فى ك يد$_{٤}$. والمركب الذى يليه فى السلسلة رمزه ك$_{٢}$ يد$_{٦}$ ، والذى يليه ك$_{٣}$ يد$_{٨}$ ثم ك$_{٤}$ يد$_{١٠}$ ثم ك$_{٥}$ يد$_{١٢}$ ، ثم ك$_{٦}$ يد$_{١٤}$ وهلم جرا . وهذه الرموز لا تمثل مركباً واحداً دائماً أبداً . والواقع أن المركبات الأولى من السلسلة هى وحدها التى تمثل مركباً واحداً . فالرمز ك$_{٤}$ يد$_{١٠}$ يرمز الى مركبين ، والرمز ك$_{٥}$ يد$_{١٢}$ يرمز إلى ثلاثة مركبات ، والرمز ك$_{٦}$ يد$_{١٤}$ يرمز الى خمسة مركبات . وعدد المركبات التى يرمز لها الرمز ك$_{٧}$ يد$_{١٦}$ تسعة مختلفة . وعدد المركبات المحتملة التى قضت بها النظرية الذرية على الورق بالحساب ، هو نفس عددها الذى وجده الكيماويون تركيباً وتخليقاً Synthetically لها فى المعمل . والنظرية الذرية فى هذا كان بها وفاء وكان صدق . ولم يتعب أحد من الكيماويين نفسه فى تركيب المركبات التى تقابل رمزاً من الرموز الكبيرة . فهذا عمل لا يطيقه أحد . ذلك أن الرمز ك$_{٢٠}$ يد$_{٤٢}$ يقابله بالحساب ، وحسب النظرية ، ٣٠٠٠٠٠ مركب . والرمز ك$_{٤٠}$ يد$_{٨٢}$

يقابله ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٧٠ مركب . وما هذه السلسلة إلا سلسلة واحدة من سلاسل لا حصر لعددها ، وهى أبسط السلاسل !

ولم يحاول أحد حتى حساب عدد المركبات الكربونية الممكنة التى تتألف من ذرة كربون إلى أربعين ذرة ، من الأيدروجين والأكسيجين والأزوت على كل ما يمكن من صور . ونحن ، مما سبق أن ذكرنا من عدد المركبات المحتملة لرمز ، لا نستطيع أن نقول ، حتى يأتى اليوم الذى يتيسر فيه تخليق حتى هذا العدد الصغير نسبيًّا من المركبات التى تحتوى عشر ذرات من الكربون ، إن كل مركب جديد يتخلق Synthesized وتوصف خواصه لا شك يزيد فى معارفنا شيئاً . وأى مقالة علمية تحتوى عشرة من المركبات الجديدة بأوصافها سوف تجد لها مكاناً للنشر فى كل مجلة علمية محترمة . ولكن مع هذا قد يسأل السائل ، وله الحق أن يسأل ، هل عمل كهذا يتقدم بالعلم خطوة ذات بال ؟ وكم يفترق هذا العمل عن عمل الرجل الذى أكبر همه جمع طوابع البريد لكل قطر من أقطار هذه الأرض ؟ إنه سؤال جدير بالتأمل الطويل ، لأنه له مغزى ومرمى يتعدى علم الكيمياء وما به من مركبات عضوية .

إن تولستوى ، الكاتب الفيلسوف الروسى الشهير ، سخر من العالم الحديث فى بعض ما كتب . قال إنه « مشغول بعدّ ما على هذه الأرض من أنثيات البق وسائر الحشر » (قال هذا قبل أن يظهر أثر العلم فى الصناعة والطب) . وأنت إذا واجهت العلماء بهذا القول فما أسرع ما يدفعون هذا القول الذى يصف أعمالهم بشر وصف . ولكن هذا الضيق الإنسانى الذى تضمنه هذا القول لا يمكن إغفاله . إنه ضيق بالعقل الإنسانى يجرى وراء

الشيء لمحض فضول عقلى إلى المعرفة . ولسنا نستطيع أن نرد على قول لا ندعمه الحجة . ولا فائدة من رد العلماء على من يقول لهم فى نزوة من سخرية « هذا علم غير نافع »، بإعادة ما قاله صاحب النخب فى نخبه الشهير ، إذ قام وطلب إلى الحاضرين أن يشربوه « فى صحة الرياضة البحتة عسى ألا تطبق أبداً » . إن العالم يستطيع أن يتخذ شعاره « العلم للعلم » ؛ كما اتخذ أهل الفن الذين شعارهم « الفن للفن » . وإذاً يستطيع صائد الوحش أو طالع الجبل أو جامع الطوابع أن يصوغ شعاره على هذه الصيغة . والعالم فى هذا يجعل من العلم هوى شخصيًّا ينفق فيه مما ثقل عليه من وقته . أما إن هو أراد بهذا العلم الناس فعليه أن يستمع إلى كل من يتشكك من الناس فى قيمة ما يصنع .

إن الذين قالوا إن العلم مجموعة من عرفان منسقة ، ثم أكدوا ذلك وأبرزوه وجعلوه فى طليعة تعريف العلم ، لم يصنعوا خيراً . وما ذلك لأن هذا الجانب من العلم ليس علماً ، ولكن لأنه ليس بجوهر العلم . وهذا الصنف من العرفان له فائدة عملية كبرى لكل من يعمل فى الجانب الحى والجانب غير الحى من الطبيعة ، ولكنه المجهود الذى يبذل فيه لا يرتفع إلى أن يسم أصحابه بأنهم علماء عظماء ، إلا بمقدار ما يدخلون إلى هذا المحصول المنسق من العرفان، وإلى ما به من تنسيق ، الجديد من الفكر والمستحدث من الآراء .

ثم من بعد هذا الخروج إلى الكيمياء العضوية أرى من المناسب أن أكتب فقرة أو فقرتين فوق ما سلف عن التاريخ الطبيعى . إن الذى يتصفح كتاباً للمدارس الثانوية أو الكليات فى علم تقسيم النبات أو علم

تقسيم الحيوان – أو إن هو حضر واستمع إلى برنامج من البرامج المعتادة فى هذين العلمين – فهو لا شك سوف يروعه مقدار ما يعرض له من المعلومات والمعارف . وهو سيجد أن التوكيد فى الكتاب ، أو عند التدريس واقع على هذه المعارف ، وبالطبع ليس لأنها قطع من العرفان ولا شىء غير هذا ، ولكن لصلتها بوظائف النباتات والحيوانات ، وبنشأتها ، وبالذى بين النباتات والحيوانات من علائق . وقد يستطيع المرء أن ينظر إلى هذا الحشد العظيم من المعلومات من زاوية أخرى ، ويتساءل : كيف جاء كل هذا وكيف تجمع ؟. وهذا سؤال لا جواب عليه إلا فى كتب التاريخ ، تاريخ هذا العلم ، علم الأحياء . ولكنه هنا ، فى هذه الكتب بالضبط ، سيطلع على الطرق التى اتبعها السابقون فى هذا العلم ، فى استبيانهم هذه الحقائق وتعرفهم عليها ، وسيجد فيما صنعوا كيف تحفز الحقائق مكتشفيها إلى الجرى وراء حقائق أخرى لم تكتشف ، ثم إلى أخرى فأخرى ، وهلم جرا.

وإنى أحيل القارئ إلى الأبواب الكثيرة من كتاب ويتمان Wightman واسمه « نشأة الآراء العلمية Growth of Scientific Ideas » ، وإلى كتب تاريخ علم الأحياء الأخرى ، ليدرك منها كيف نشأت ونمت علوم الحياة . وأكتفى هنا بإيراد بضعة أمور أصل بها بين الطرق المستخدمة فى علوم الحياة ، وتلك الأخرى التى سبق ذكرها ، المستخدمة فى العلوم الطبيعية .

أما الأمر الأول فهو أن الفضل لأداة جديدة تبتدع ، أو جهاز جديد يخترع ، أو تحسين يدخل فى أداة قديمة أو جهاز قديم ، فضل عظيم يتراءى لك واضحاً بيناً مكتوباً بحروف عريضة فى صفحات تاريخ علم

الحياة فى القرن السابع عشر إلى اليوم . ولكن علماء الحياة يغفلون تقدير هذا الأثر و إظهاره و إبرازه عند ما يكتبون للقراء من الناس . إن استخدام الميكروسكوب ، المجهر ، بدأ فى القرن السابع عشر . وقد سمى النصف الأخير من ذلك القرن بعصر الميكروسكوبيين الأقدمين (ومن الطريف الذى يذكر فى هذا الصدد أن بطلا من أبطال هذا العصر ، وهو الميكروسكوبى الهولندى أنتونى ڤان لوڤن هوك Antony van Leeuwenhoek ، عمل بعدسات من الزجاج بسيطة ، لا بالجهاز الذى تعودنا أن نسميه اليوم ميكروسكوباً) وجاء العصر الثانى من عصور الميكروسكوب الزاهية فى الربع الثانى من القرن التاسع عشر ، وسبب ذلك أن الصعوبات التى لاقاها الناس فى استخدام عدستين معاً (فى الميكروسكوب المركب) كانت قد تسهلت . وتسهلت لسببين ؛ أولهما الحصول على مشروع تصورى كاف ، نظرية كافية ، تفسر لنا كيف يمر الضوء ، بألوانه المختلفة ، فى العدسات ، وثانيهما اكتشاف طرق لصناعة أنواع من الزجاج مختلفة ، ثم الجمع بينها . وكانت النتيجة إبداع ميكروسكوب ، مجهر ، لا يختلف كثيراً عما تألف اليوم من مجاهر ، يكبر تكبيراً عظيما ، ويعطى صوراً من الأشياء واضحة تجتمع فيها الأضواء مهما تختلف ألوانها عند نقطة واحدة بينة . وعدا هذا فلم ينتصف ذلك القرن ، القرن التاسع عشر ، حتى ابتدعت طرائق للعمل جديدة ، صنعات جديدة techniques ، لرؤية الأشياء ، ولتحضير القطاعات المستعرضة والمستطيلة منها ، شاعت بين العلماء جميعاً .

إن الميكروسكوبيين القدماء ، أو إن شئت قلت المجهريين فى القرن السابع عشر ، فتحوا لنا أبواباً لعالم من الأحياء جديد . وسيتضح بعض

آثار ذلك عندما نتناول تاريخ التولد الذاتى . فهم كشفوا لنا عن الحيوانات المنوية فى الإنسان وغير الإنسان ، وبهذا ، وبما إلى هذا ، خطوا خطوات واسعة نحو استجلاء ما استغلق من أمور التناسل وظواهره وهى ما بدأ استجلاؤها ، وانحل بعض ما تعقد منها ، إلا فى القرن التاسع عشر ، حين تسلح العلماء فى بحوثهم بمجاهر قوية حقًا ، حلت لهم فيما حلت كيف يتولد النبات من زهره وبأزهاره .

أما الأمر الثانى فإن البحث فى نشأة الأحياء له أسلوب أشبه ما يكون بأسلوب الرجل الذى يبحث عن ولد ضل طريقه فى غابة أو رجل يجرى يتأثر آثار حيوان يريد أن يصيده فيها . والحق أسلوب البحث فى كل من التاريخ الطبيعى وعلم الأحياء التنسيقى ، من حيث إن إجراءه ، ومن حيث إن ما به من صور ذهنية ، أقرب ما يكون إلى أسلوب الفطرة ، وأسلوب الناس فى حياتهم الجارية بالرغم مما فى العلمين من تفاصيل هائلة . وإنى لأحس بأن حديثى عن التصورات الفكرية والمشروعات الذهنية ، وحذرا أنا ألتزمه فى تقدير ذلك فى شتى فروع العلم ، أحس بأن هذا الحديث خارج عن الموضوع ، وأنا أبحث فى التاريخ الطبيعى وفى علم الأحياء التنسيقى . إنى عند ما أقول إنا نعيش من الجو فى بحر من الهواء قد أجد من يقوم فيقول لى ما هذه بحقيقة ، إنما هى تصور علمى أقرب ما يكون إلى الاحتمال . وهذه ريبة جائزة القبول . ولكنى لا أتصور رجلا يرتاب فى « الحقيقة » التى تقول إن البيضة الملقحة تنتج من حيوان منوى وبيضة أنثى ، وهى حقيقة من بين ألف ألف حقيقة يحتويها هذان العلمان ودونك مثلا آخر نأخذه من ظواهر التلقيح فى النبات : وهو مثل يدعو القارىء الذى لم

يتصل بعلم النبات ، وبتفاصيله من قبل من قريب ، إلى الدهشة ، وحق له أن يدهش . ذلك أن الميكروسكوب يرينا أن من حبوب اللقاح تنمو أنبوبة تنزل من خيط عضو التأنيث فتدخل المبيض ، وبهذه الطريقة تتحد خلية تناسلية من اللقاح بأخرى من الزهرة الملقحة . شيء معقد ، لا شك فى هذا . ولكنه الحقيقة التى لا مراء فيها . ومثل ثالث ، مثل الطفيليات التى تتطفل على الإنسان والحيوان. وإن الإنسان ليعجب لهذا الحذق العظيم الذى كان سمة هؤلاء البحاث الذين كشفوها ، وكشفوا أدواراً تتقلب فيها ، وكشفوها من بين حقائق متراكمة مشتبكة كثيرة ، وداروا فيها كما يدور رجال المباحث الجنائية بين أحداث جناية معماة يستجلون حقائقها حتى يصلوا إلى جسم الجريمة فيها .

واختصاراً أرى أن الصور الذهنية التى يقوم عليها بحث علم الحياة التنسيقى اليوم ، والإجراءات التى يتخذها باحث هذا العلم وهو فى الحقل بين النباتات أو فى مباءات الحيوانات ، هى أشبه شيء بالذى يتخذه الرجل العادى من صور ومن إجراءات فى عيش يومه . ولكن فى علم الأحياء فروع أخرى هى اليوم محط للصور الذهنية والمشروعات التصورية التى هى بعيدة كل البعد عن ذهن الرجل العادى ، الرجل غير العلمى ، بعد أمثالها التى نجدها فى علم الطبيعة وعلم الكيمياء . ومن هذه الفروع فروع علم الأحياء ، علم التناسل Genetics . وفيه « الجين » ، وهى وحدة التناسل ، وهى صورة ذهنية تقع من افتراض الإنسان فى مثل ما وقعت الذرة يوم أدخلها دلتن فى الكيمياء حول عام ١٨٠٠ . فهذا مثل من الصورة ، أو التصور الذهنى ، فى علم الأحياء . أولعل خيراً من هذا

أن نقول إن الفرض الذى يفرضه العلم الحديث عن كيف يجرى التناسل هو مثل للمشروع التصورى كيف يكون فى علم الأحياء. وهو فرض له اليوم خطر عظيم. وفهمه وفهم الآراء الجديدة فى هذا العلم، وكيف جاءت، يجد اليوم عند الناس اهتماماً به خاصًّا. ذلك لأن الاتحاد السوفيتى أنكر هذه الآراء التى هى عماد علم التناسل، والتى قبلها كل عالم تناسلى. وأنكرها لأنها لا تأتلف مع ما يقول به الحزب الاشتراكى فى روسيا من تعاليم. وفى هذا اختلطت التعاليم السياسية بالمبادىء العلمية اختلاطًا غريبًا. وسأعود إلى هذا الموضوع فى آخر باب من هذا الكتاب ولكنى أنصح الآن بقراءة كتاب جوليان هكسلى Huxley، واسمه «الوراثة بين الشرق والغرب». وأنصح بقراءته على أنه مقدمة لدراسة هذا الفرع من علم الأحياء، وعلى أنه ينقل إلينا ما جرى وراء الستار الحديدى فى هذا العلم من أحداث.

دراسة بستور للتخمير بحسبانها مثلا لعلم الأحياء التجريبى

إن علم الفسيولوچيا، علم وظائف الأعضاء، فرع آخر من علم الأحياء التجريبى الذى فيه نلقى صوراً ذهنية ومشروعات تصورية بعيدة كل البعد فى طبيعتها عما تعود سواد الناس. والسبب فى ذلك هنا يرجع أصلا إلى أن البحاث فى سبيل بحثهم عمليات الحياة، فى نباتات أو حيوانات، منذ مائة وخمسين عاماً، قد دخلوا حتى أوغلوا فى علمين

تجريبيين هما الطبيعة والكيمياء . ومن أجل هذا دخلت الصور الذهنية والمشروعات التصورية التى بهذين العلمين التجريبيين إلى علم الحياة التجريبى من باب كان ضيقاً فانفتح واسعاً على الأيام (ومن علم الحياة التجريبى علم الوراثة) . ولإيضاح كيف حدث هذا ، ولعرض بعض الصعوبات التى اعترضت تطبيق منطق الكيمياء وطرائقها فى علم الأحياء ، نأتى على ما درس لويس بستور Pasteur من أمر التخمير .

وأبدأ فاقول إن على من يعنى بدراسة طرائق العلم أن يقرأ تاريخ حياة بستور ، تأليف رينيه دوبو Renée J. Dubos ، واسمه Louis Pasteur Free Lance of Science ، وهو واجد فى باب عنوانه « من البلورة إلى الحياة » وصفاً رائعاً لشاب فرنسى بدأ فى منتصف القرن التاسع عشر يدرس البلورات ، أشكالها وأوصافها ، ثم يختمها بدرس الكائنات الحية . وبين سن الثلاثة والعشرين وسن الثلاثة والثلاثين ، نقل بستور همه من الجامد الميت إلى الحى من الأشياء . والعوامل التى أغرت هذه العبقرية بهذا التحول يجدها طالبها فى سهولة مما كتب هو ومما كتب معاصروه ، وهى لا تعدم فائدة عند مؤرخى العلوم ، ولها لا شك معنى خاص وقيمة لدى كل رجل يعنى بفن الكر والفر والتخطيط فى ميدان العلم .

إنه من الواضح أن بستور ساقه إلى دراسة التخمير ، اهتمامه بمسألة عملية ، تلك تخمير سكر البنجر فى مصنع لتحضير الكحول . زاره فى صدد هذه المسألة صاحب مصنع بمدينة ليل Lille يستشيره فى بعض ما تعثر به فى صناعته ، وكان بستور عميداً لكلية العلوم بتلك المدينة .

وفى هذا الذى جرى يجد المتأمل مثلا تكرر فى العلم كثيراً . مثل رجل عالم يهتم بمسألة عملية ، فإذا به تسوقه إلى صميم العلم البحت فيكشف فيه ما يكشف . ولكن كان هناك سبب آخر غير هذا الحادث المصادف دعا بستور إلى الدخول فى هذه العمليات البيولوچية التى تسمى بالتخمير . ذلك أنه كان يدرس البلورات ، وكان ابتدع فيها فرضاً علمياً بعيد الأثر ، ولهذا الفرض العلمى أشار بستور فى مطلع مقالته الأولى التى كتبها فى التخمير . وكان هذا الفرض فرضاً علمياً جريئاً ، وهو قائم إلى اليوم لا يتحداه أحد ، إلا ما كان فيه من بعض تعديلات يسيرة . ولكن فى الوقت الذى افترضه فيه بستور ، كانت الأدلة عليه غير كثيرة . ولكنه فرض أثمر على السنين ثمرات كثيرة .

كان بستور يبحث فى دوران مستوى الضوء المستقطب عند ما يمر ببعض البلورات وبعض السوائل . وهذه ظاهرة من ظواهر الضوء ، وبها شىء من التعقد ، ولهذا نكتفى لغرضنا الحاضر أن نعتبرها خاصة طبيعية يمكن قياس مقدارها بآلات مناسبة معروفة . وهذه الخاصة التى بها يؤثر جسم فى المستقطب من الضوء فيدير مستواه ، نادرة نسبياً بين الأجسام السائلة أو الأجسام الذائبة فى محاليلها (أنا هنا حذفت عمداً قصة طويلة شائقة هي شغل بستور فى البلورات) . والأجسام التى لها هذه الخاصة كلها من أنتجة الحيوان أو النبات ، ولدينا الآن من الحوار الكثير الذى يشهد بصدق هذا الحكم العام ، ذلك أن هذه الخاصة لا تنتج إلا عن منشط حيوى فى نبات أو حيوان . ولم يكن عند بستور ، فى زمنه ، إلا القليل من هذه المواد ، ولكنه آمن إيماناً لا يأتيه الشك بأن المواد التى

تتكون نتيجة لعملية من عمليات الحياة هى وحدها التى يجوز عليها أن تدير مستوى الضوء المستقطب . بهذا الفرض ذي الخطر البالغ خرج بستور إلى العلم . فلما واجهته الحقيقة ، أن مادة من المواد ، تسمى بالكحول الأميلى Amyl alcohol ، تخرج مع ما يخرجه التخمر من حامض اللكتيك Lactic ، حامض اللبن ، وأن لهذه المادة القدرة على إدارة مستوى الضوء المستقطب ، استنتج بناء على فرضه الذى فرض ، أن هذه المادة لا بد نتجت من عمل حى من الأحياء ، تدخل فى الأمر عند التخمير .

إنى اختصرت هذه القصة اختصاراً كبيراً ، والذى يقرأ ما كتب بستور يعلم أنه ، إلى جانب هذا الفرض الكبير كان برأسه فرض آخر ، لو أنى دخلت فيه لاحتجت إلى الخروج عن الموضوع والدخول فى مسائل فنية عديدة . و يكفى آن أقول إن هذا الفرض الثانى لم يلبث أن ظهر بطلانه . والمهم فى هذا أن بستور كان يدفعه فى كل ما صنع إيمان عنده قوى بالفروض يبتدعها ، ويبتدعها من عند نفسه ، وكان إيمانه الشديد بها تعمده وتسنده أشياء أخرى غير الحقائق وما يخرج منها بالمنطق من نتائج . كان منطق بستور كمنطق لافوازييه بعد أن تأثر بنتائج دراسته لاحتراق الفسفور . وأنا عند ما ناقشت النظرية الذرية (صفحة ٢٧٦) خاصمت القوم الذين يقولون إن العلماء إذا بحثوا مسألة تناولوها فى حياء شديد ، وبدون رأى أو هوى قبل ذلك معقود . فهذا مثل آخر مما أعنى ، من بستور ، حمله إلى النصر فيه الإيمان القوى الذى لم يعتمد فيه إلا على الدليل القليل .

فى الوقت الذى توجه فيه بستور إلى دراسة التخمير كان البحاث صنعوا الكثير فى هذا الباب ، باب التخمر الكحولى . وكانوا عرفوا أن كائناً حيًّا، هو الخميرة ، صحب هذه الظاهرة دائماً ، ظاهرة استحالة السكر إلى كحول وغاز كربونيك . ولكن الرأى السائد فى العالم العلمى كان يقول إن تكون الكحول كان نتيجة لتحلل الميت من خلايا الخميرة . وكان هذا رأى الكيماوى الألمانى العظيم ، ليبج Liebig [1] . فهو افترض أن نوعاً من ذبذبة وقع فى مادة عضوية معقدة التركيب أثناء تحللها ثم انتقل منها إلى السكر فتذبذب السكر مناغماً إياها ، فتحلل ، فكان منه الكحول . تحلل يناغم تحللا . واختلف بستور وليبج فى هذا منذ بدأ بستور دراسة التخمر إلى أن مات ليبج عام ١٨٧٣ . إن بستور رأى سبب التخمر ، سبب تحول السكر إلى كحول ، دفيناً فى الخميرة نفسها ، فى حياتها وما يجرى بها من عمليات . وهو قال اختصاراً : إن لم تكن حياة ، فلا تخمير ولا تخمر . وهذا لا بد أن يعد فرضاً ثانياً من فروض بستور العظيمة . ورأى ليبج أن الحياة نفسها لا شأن لها بالتخمر ، وعنده أن الجوهر كل الجوهر فى المادة العضوية التى بالخميرة .

وليس خطر هذه الخصومة فى أنها وقعت بين هذين العملاقين ،

---

(١) هوجستش ، بارون فون ليبج ، الكيماوى الألمانى ولد بدارمشتات عام ١٨٠٣ وتوفى فى ميونيخ عام ١٨٧٣ . ظل أستاذ الكيمياء ٢٥ عاماً بجامعة جيسن ، ثم فى هيدلبرج ثم فى ميونيخ . واختارته أكاديمية العلوم فى ميونيخ رئيساً لها . أنعم عليه بلقب البارون الجراندوق هس . عمل ليبج كثيراً فى تحسين طرق التحليل ، ومكثف ليبج منسوب إليه . وبحث فى الأطعمة ، طبخها والاستفادة منها . وخدم الزراعة ، ولا سيما من حيث التربة والتسميد .

عملاقى القرن التاسع عشر ، فأدت إلى كثير من البحوث المثمرة ، ولكن خطرها أيضاً كائن فى أنها توضح لنا الصعوبات التى تقوم فى تعريف المصطلحات فى علم الأحياء . مثال ذلك التخمر . فما الذى نعنيه بالتخمر ؟ وستقول بالطبع إنه إنتاج الكحول من السكر فى حضرة خميرة . وهذا هو مثل التخمر القديم . ولكن ماذا أنت قائل فى إنتاج حامض اللبن (ومعه شىء من الكحول الأميلى) من محلول السكر ؟ فهذا يحدث على ما يظهر من ذات نفسه ، وفى غير حضرة شىء ، وبدون واسطة ، عند درجة حرارة معروفة ، وعلى الأخص فى وجود الطباشير وبعض المواد الزلالية . أفيكون هذا تخمراً ؟ إن بستور هكذا سماه عند أول بحثه له . ولما بحثه استخرج منه كائناً حياً ، صغيراً ، غاية فى الصغر ، مجهرياً ، هو « خميرة حامض اللبن » . الحقيقة أنه ليس خميرة ولكن بكتيريا — ثم ما بال العمليات التى قام ليبج بدراستها بنفسه ، فى شبابه ، جيلا من الدهر قبل ذلك ؟ مثال ذلك التغير الناشىء فى اللوز المر إذا هو هرس بالماء . إن هذا التغير كيماوى تضمن تكون مادة زيتية (زيت اللوز المر) من مادة ذائبة فى الماء . وأثبت ليبج أن العامل فى هذا التغير شىء موجود فى قشر اللوزة المرة . فلو أن هذا التغير أدخل فى معنى التخمر ، إذاً لأوجد لبستور متاعب ما كانت تنقضى أبداً ، لأن هذا التغير لم ينشأ عن كائن حى ، له عمل فيه . والذى أعلمه أن بستور لم يحاول أن يجد فى هذا التغير الكيماوى خميرة كحولية أو لبنية أو ما شابهما . وإنما هو أغلق هذا الباب واستراح . قال : إن هذه التغيرات وأمثالا لها ليست بالتخمر الصادق .

قال بستور فى بعض كتاباته الأولى يصف بعض نتائج خرج بها من دراساته : « إنى وجدت أن كل التخمرات الصادقة ، كالتخمر الذى ينتج حامض اللبن ، أو ينتج حامض الزبد butyric acid ، وكذلك تخمر حامض الطرطير أو حامض الماليك Malic أو البولينة ، كل هذه التخمرات تصحبها دائماً كائنات حية متكاثرة . والرأى عندى أن المواد الزلالية الموجودة مع التخمر لم تكن خمائر أبداً ، بل هى غذاء للخمائر . إن الخمائر الصادقة ليست إلا وحدات منظمة معضّاة » . وهو يقصد بهذا أنها كائنات حية . وهو قد أخرج من معنى التخمر بعض التغيرات الكيماوية الحيوية ، وقد كان مستطاعاً أن يبرر هذا الإخراج بأن التغير الكيماوى الذى هو أخرجه لم يكن تغيراً فى الجزيئات عظيما ، يكاد يكون هدماً ، كما هو الحاصل فى التغير بالتخمر ، ولكن الكيمياء العضوية لم تكن تقدمت كل هذا التقدم فى عهد بستور حتى يستطيع أن يدرك من الأمر ما ندرك نحن منه اليوم .

والحق أن بستور ، فيما ذكر من تغييرات ، لم يثبت فقط أن الكائن الحى لا بد من وجوده ، بل أثبت كذلك أنه لا بد من تكاثره . لا بد من أن يحيا وأن ينمو . والفرق هائل بين الحالين . فليبج وأتباعه زعموا أن خليات الخميرة تموت ، وأن ما يتخلف عنها من مادة ميتة يتحلل ، وتخرج من هذا التحلل مواد هى التى تفعل التخمر . ولكن بستور ، باستخدامه الميكروسكوب استخداماً رائعاً ، وباختراعه كثيراً من طرائق فى العمل ظلت من بعده طرائق فى علم الحياة الميكرووي معتمدة بهذين معاً ، أثبت إثباتاً لامرية فيه أن التغير الحادث فيما ذكر من أحوال

جرى خطوة خطوة مع نمو هذه الكائنات الصغيرة المجهرية الميكرووية، فى غيبة الهواء . وهو لم يلبث من بعد هذا أن أعلن عن فرض هائل جديد، عبر عنه إذ قال « إن التخمر حياة من غير أكسيجين » .

ولننظر الآن فيما صنعت أجيال من البحاث جاءت بعد بستور ، وكيف نقف من هذه الأبحاث اليوم . ففى ختام القرن التاسع عشر جاء عالم ألمانى[1] ، فعصر تحت ضغط عظيم مقداراً من خميرة ، فخرج منها سائل به شيء أمكن به التخمير ، تخمير السكر إلى كحول . فهذه تجربة لو أنها وقعت فى عهد ليبج لأقام الدنيا بها وأقعدها . فمما لا شك فيه أن التخمر مستطاع بواسطة مواد تنتجها الخميرة ، وأنه لا حاجة بالتخمر إلى وجود الخميرة الحية ذاتها تسعى بالحياة .

ثم جاء بعد ذلك ، فى الخمسين من السنين الماضية ، ذلك الحشد الكبير من علماء علم الحياة والكيمياء الحيوية والكيماويين ، وأخرجوا لنا من العلم ما استطعنا به أن نبنى مشروعاً تصورياً ، نظرية ، نجد بها مكاناً مهيأ لكل هذا الجدل الذى قام بين ليبج وبين بستور بعد صفائه ونقائه واتضاح الحقيقة فيه . فنحن الآن نعتقد أن التفاعلات الكيماوية فى الأحياء والمواد الحية إنما هى تفاعلات منشّطة ، أو إن شئت فمكْتلزَة catalysed . أى تفاعلات تجري بسرعة محسوسة فى وجود عامل منشط

(١) هو إدوار بوخنر Buchner ، الكيماوى الألمانى . ولد عام ١٨٦٠ فى ميونيخ . وكان أستاذاً فى برلين و برسلاو وفرتزبرج . انصرف إلى دراسة الخمائر والتخمر ، واكتشف أن التخمر غير ناتج عن الخمائر نفسها ، ولكن عن مادة كيماوية تصنعها الخمائر سماها بالأنزيمات . وعصرها من خميرة البيرة فخرج منها أنزيم كان له فى التخمير عمل الخميرة . قتل فى الحرب العالمية عام ١٩١٧ .

عامل مكتلز ، أو كتلاز ، وهو تكفى الكميات القليلة منه لإجراء التفاعل . وعوامل التنشيط هذه التى لا توجد فى الطبيعة نسميها بالأنزيمات . والظاهر أن كلها بروتينات ، وكثير منها استخلص اليوم نقياً . والموقف الآن يتلخص فيما يلى : أن تكون زيت اللوز المر (ملاحظة ليبج الأولى السابقة) مثل من التفاعل يحدثه أنزيم يخرج سهلا من خلايا حية أو خلايا ميتة على السواء . إذاً فلا صعوبة فى إحداث التغيرات الكيماوية فى غيبة الكائن الحى . أما تحول السكر إلى كحول ، أو قلب السكر إلى حامض اللبن ، وكل ما ذكر بستور من تخمر سماه هو وحده التخمر الصادق ، فتفاعلات كيماوية تحدثها أنزيمات لا تخرج فى الأحوال العادية المستخدمة الجارية من خلاياها ، من خمائرها . ولهذا وجب فى هذه الأحوال أن تكون الخلايا حية ، ففى حياتها وحدها يستطيع السكر أن يتنفذ إلى الخلية فيلتقى بالذى هو فى داخلها من أنزيم ، وبذلك يتحول ، إلى كحول مرة ، وإلى حامض اللبن مرة ، ثم تنفذ هذه الأنتجة مرة أخرى من غشاء الخلية ، غشاء الخميرة ، إلى المحلول .

فأيهما إذاً كان الصادق فيما زعم ، ليبج أم بستور ؟ أنا أميل إلى القول أن كليهما أخطأ . ففكرة ليبج عن المادة العضوية المتحللة المتذبذبة التى يتذبذب معها السكر فيتحلل ، فكرة غير مثمرة ، ولا هى تتفق مع نتائج التجارب . وفضلا عن هذا فقصوره عن إدراك ما قد يكون فى فرض بستور ، من صدق ، أو بعض صدق ، كان عمى علمياً صارخاً . إن فرض بستور كان خاطئاً ، ولكنه أثمر أكثر الثمر . ولعلى ، وأنا الحذر الشكاك الذى يتحدث عن الصور الذهنية والمشروعات التصورية وما تخرج

من ثمرات ، يجب على آن أرفض جواب ما أنا سائله . ولعل القارئ قد لاحظ أن المزاج البيولوجى ، وأنا أتحدث فى البيولوچيا ، قد غلبنى فى الجملة الأولى من هذه الفقرة عند ما سألت سؤالا طبيعيًّا فطريًّا مما يسأل السواد من الناس . ولكن عجز كل أحد عن إعطاء جواب حاسم قاطع لهذا السؤال الذى سألته وهو عندى مبرر لموقف أقفه من الشك ويقفه كل كيماوى مرتاب . ومع هذا ، فلأقف بهذا الحديث عند هذا الحد ، ولو أن الإغراء عندى بأن أزيد .

وختامًا أود أن أؤكد صعوبتين ، صعوبة تعريف معنى التخمر ، وصعوبة إيجاد صلة بين كائن حى وبين سلسلة من وقائع تقع من حوله . إنك تستطيع أن تستبدل بلفظة التخمر ، لفظة النيومونيا ، أو التيفود ، أو الحصبة أو التيفوس ، وأن تستبدل بلفظة الخميرة لفظة البكتيريا ، فتقف بعد هذا الإبدال وجهاً لوجه أمام حالات من المرض ساعد بستور بالذى صنع فى حياته على فهمها وعلى حل معضلاتها . من أجل هذا أرى فائدة كبرى فى استعراض بعض ما مرت به نظرية الجرثومة ، جرثومة المرض ، من أطوار ، نردفه بالحديث عما جرى من الأبحاث فى أمر الڤيروس virus [1] فى هذا القرن . ولكنى لن أفعل . وعوضاً عن الدخول فى دائرة الطب هذه ، أقترح على القارىء مرة أخرى أن يقرأ تاريخ حياة بستور تأليف ديبو Dubos . وهناك يستطيع القارىء أن يجد ما بين طرائق يتبعها عالم الأحياء التطبيقى ، وطرائق يتبعها عالم الطبيعة وعالم الكيمياء من فروق وأشباه . كذلك يتضح من قراءة حياة

(١) كائنات أصغر من البكتيريا تسبب الأمراض .

بستور هذه قرب العلاقة ما بين العلم البحت والعلم التطبيقى فى الحقل الحيوى ، على ما سبق أن وصفت . إن حياة هذا الرجل وما قام به من أعمال كنز لا يفنى لمن هوايته طرائق العلم ودراستها . إن لبستور جدلا سابقاً ، جاءه وهو يدخل الحقل الحيوى لأول مرة ، فيه من النفع ما يستأهل به أن يفرد له فى هذا الكتاب باب . من أجل هذا أنتقل بالقارىء من الفسيولوچيا والكيمياء الحيوية ، إلى هذا الجدل وهو تولد الأحياء من حيوان ونبات ، أيقع تولدها من ذات نفسها ، أم يقع بغير ذلك .

الباب التاسع

الملاحظة والتجريب[1] فى علم الأحياء

أمثلة مقتبسة مما قام حول التولد الذاتى من جدال

أتينا فى الجزء الأخير من الباب السابق على دراسة بستور للتخمير ، ومنها عرف القارىء بعض شىء عن الصعوبات التى تقوم فى تحديد معنى العمليات الحيوية وفى دراستها . وأتينا على شبه مقدمة لهذين الفرعين من علم الحياة اللذين نسميهما اليوم علم وظائف الأعضاء والكيمياء الحيوية . وفى هذا الباب الحاضر سأوضح طرائق علم الحياة التجريبى بعرض بحوث لا تكاد تدخلها الكيمياء الحيوية . وسألفت النظر على الأخص إلى صعوبة التحكم فى « العوامل المتغيرة »[2] variables فى التجريب الحيوى ، وإلى الحاجة إلى ذلك الصنف من الإجراء التجريبى الذى ابتدع فيه ما نسميه بتجربة المقارنة control experiment[3]

---

(١) راجع معنى هذين اللفظين فى الاصطلاح العلمى وذلك بالهامش بصفحة ١٩ .

(٢) كل تجربة تقام فى ظروف وشروط ، بعضها يؤر فى النتيجة و بعضها لا يؤثر فيها . والشروط والظروف إذا تغير أحدها أثر فى النتيجة تبعاً لذلك تسمى بالمتغيرات والعوامل المتغيرة .

(٣) تجربتان ، أولى وثانية ، تجريان معاً بإجراء واحد، وفى ظروف وشروط واحدة إلا شيئاً واحداً اختلفنا فيه ، كان فى الأولى ولم يكن فى الثانية .ويظهر فرق فى النتيجتين=

وقد وجدت لبلوغ هذه الغاية أن ندرس حقباً مختلفة من تلك التى مرت بها المشكلة التى قامت حول مبدأ التولد الذاتى ، وسوف نستعرض فى اختصار كبير عمل باحث إيطالى أجراه فى القرن السابع عشر ، ونقاشاً جرى بين رجل إنجليزى وآخر إيطالى فى القرن الثامن عشر ، ثم جدلا شديداً وقع فى الربع الثالث من القرن التاسع عشر طوى فيمن طواهم من الرجال عالماً فرنسيًّا وآخر انجليزيًّا . ونحن إذ هكذا نختار نعطى نماذج من عمل علماء الحياة نرى منها أنه لا يوجد خط واضح المعالم يفصل بين الملاحظة والتجريب ، ولو أننا فى الباب السابق وجدنا من المفيد أن نميز بين العلماء التنسيقيين والعلماء التجريبيين فى علم الحياة . ومن قبل قال « هويتهد » Whitehead إنه لا يوجد من حيث الطريقة تمييز بين الفلك والطبيعة ، أى الفيزياء ، ولو أن الفلك قد يعتبر علم ملاحظة ، وتعتبر الفيزياء علم تجريب .

إن العلاقة بين الملاحظة والتجريب تتضح فى بساطة فيما قام به فرنسسكو ريدى Francisco Redi[1] من دراسة تولد الديدان من اللحوم الفاسدة تولداً زعمه الزاعمون ذاتياً . وقد سبق أن قلت عن هذا الرجل الباحث الباكر إنه جمع إلى عادات الرجل الدارس للطبيعة فى مباءاتها ، عادات الطبيب ، وضم

=فيعزى هذا الفرق فى النتيجة ، إلى الفرق فى هذا الشىء الواحد ، هذا العامل الواحد المتغير ، الذى كان فى التجربة الأولى ولم يكن فى أختها الثانية . وتسمى هذه التجربة الثانية بتجربة المقارنة ، لأن بها تقارب التجربة الأصلية الأولى .

(١) فرنسسكو ريدى هو العالم الطبيعى وا يطالى ، والشاعر ، ولد عام ١٦٢٦ ومات عام ١٦٩٨ .

إليها طرائق البحث التجريبي التي تعلمها من أكاديمية شيمنتو بفلورنسا وقد مر ذكرها تكراراً . وكان أن نشر « ريدى » عام ١٦٦٨ نتائج أبحاثه عن تولد الديدان فى اللحم ، فإذا بها تثبت إثباتاً مقنعاً أن الدود الذى ظهر فى اللحم بعد بضعة أيام لم يتولد من ذات نفسه ، وذلك نقضاً لرأى سبق إليه الناس . وأثبت على نقيض هذا الرأى أن الدود إنما جاء اللحم من بيض وضعه الذباب عليه لما هبط على اللحم . وبدأ « ريدى » تقريره عن هذا بوصف هذه الظاهرة ، كما تحدث فى الطبيعة ، وصفا أساسه الملاحظة دقيقاً . ووصف لنا بيناً كيف هو بدأ بالملاحظة ثم انتهى بالتجربة .

بدأ ريدى وصفه بذكر ما لاحظ على سطح لحم وضعه فى صندوق مفتوح بمدينة فلورنسا لعدة أيام فى أواسط شهر يوليو . وهو يحدثنا ، لا عن ديدان ظهرت على سطح اللحم فحسب ، بل كذلك عن أشياء صغيرة بيضاء سماها بيضا (الحقيقة أنها شرانق) . ثم هو يصف ما لاحظ من فقس كثير من الذباب . قال ريدى : « وقد رأيت أنسالا كثيرة من ذباب صغير أسود ... ورأيت أن اللحم الفاسد . . . مغطى ، لا بالدود وحده ، ولكن ببيض كذلك . ومن هذا البيض تفقس الذباب على ما سبق أن ذكرت . وهذا البيض جعلنى أفكر فيما أسقطه الذباب على اللحم ، ذلك الذى صار من بعد ذلك دوداً . وهذه حقيقة مذكورة فى قاموس أكاديميتنا ، أكاديمية شيمنتو . وهى حقيقة معروفة كل العرفان عند الصيادين والجزارين ، وهم من أجل ذلك يغطون لحومهم فى أشهر الصيف الحارة بقماش أبيض » .

فهذا بعض ما سجل هذا العالم ، عالم التاريخ الطبيعى ، الرجل الملاحظ الدقيق الملاحظة لظواهر الحياة وهى تجرى على طبيعتها . وهذه الملاحظة يظهر أنها ساقته إلى فرض : أن كل الديدان جاءت مما أسقط الذباب على اللحم ، يظهر هذا مما جاء فى الفقرة التالية من تقريره . قال : « وبعد اعتبار كل هذا بدأت أعتقد أن كل الديدان التى وجدت فى اللحم إنما جاءت من سُقاط الذباب وليس من فساد اللحم ». فهذا مثل من الفرض الضخم العريض يفترض فى الحقل البيولوچى. ومنه يخرج بالاستنتاج أشياء يمكن امتحان صدقها أو بطلانها بالتجربة . وما التجربة إلا ملاحظة يجريها صاحبها على ما يجرى فى موقف بالذات مصطنع ، هو الذى دبره وصنعه اصطناعاً . إن « ريدى » كان فى هذا يتبع طراز البحث الذى اتبعه فى ذلك الوقت زملاؤه من أعضاء الأكاديمية ، أكاديمية شيمنتو بفلورنسا ، وكانوا فى ذلك الوقت يبحثون فى الهوائيات وعلم السوائل . والتجارب التى أجراها كانت غاية فى البساطة ، ولكنه رآها ضرورية على بساطتها ، فهو قال : « إن العقيدة عبث إذا لم تدعمها التجربة » .

وبدأ « ريدى » فى سبيل إثبات نظريته التى تقول بضرورة وجود الذباب لحدوث الدود ، بدأ بأن حذف الذباب . وفعل ذلك بأن وضع قطعاً من اللحم فى قبابات من زجاج ، وختمها حتى لا يدخل إليها الذباب ومن بعد أيام قال فى كثير من الارتياح « ولو أنه مضى على اللحم أيام كثيرة » فإنى لم أر دوداً قد تولد فيه ». ولكنه فى نفس الفقرة يقول شيئاً آخر لا يقل عن هذا خطورة ، ذلك أن قطع اللحم الأخرى، المأخوذة من نفس اللحم ، التى وضعها فى قبابات كتلك ، إلا أنها مفتوحة ، « تولد فيها

الدود وظهر من الدود ذباب » . فهذا مثل من طراز متكرر من طرز البحث البيولوچى : تجربة المقارنة . وسأعود الى الحديث عنها عند ما أفرغ من الحديث عن « ريدى » وما صنع .

إن ريدى بمنعه الذباب من أن يدخل إلى القبابات قد منع بذلك الهواء من أن يدور فيها . وقد يقول قائل إن حبس الهواء هكذا هو الذى سبب ألا يتولد الدود . ورداً على هذا أجرى « ريدى » تجارب كهذه غطى فيها القبابات « بغلالة من غلالات نابل الرقيقة حتى يأذن للهواء أن يدخل ويدور » ، ومع هذا لم يجد أن دوداً قد تكون . وبهذا رأى أن المسألة قد حلت ، وعلى قدر ما أعلم لا أحسب أن هذه المسألة قد أعيد فتح باب الحديث فيها قط . ومع هذا فلا بأس من إنفاق دقيقة أخرى نرى فيها إلى كم يذهب ذو الشك فى شكه ، وإلى أى حد يستطيع أن يطعن فيما تخرجه التجارب من نتائج . ونحن إذ نتحدث فى هذا سيتبين لنا بعض الأشباه وبعض الفروق التى هى كائنة بين التجريب فى الميدان الحيوى والتجريب فى الميدان الطبيعى ، ميدان الفيزياء والكيمياء .

تجربة المقارنة

إن تجربة المقارنة ، تلك الوسيلة الجديدة الهامة التى سبق أن أشرنا إليها ، وأوضحنا خطرها فى التحكم فى العوامل المتغيرة فى ظاهرة ما ، هذه التجربة ستظهر فيما نورد من تجارب ، ولكن بعد شىء من التعديل . ونحن إذ نتفهم ما اتخذ « ريدى » من إجراءات ، نتبين أن عنده العوامل

المتغيرة ثلاثة : (١) الذباب ، (٢) الهواء الذى يدور فى القبابة ، (٣) مجموع المؤثرات الأخرى من وقت ومكان ودفء ، واللحم من أى نوع هو ، وهلم جرا . أما طريقة امتحان أثر العامل الأول والعامل الثانى فهى طريقة الطبع التى يتبعها السواد ، فلا كبير فكر فيها ولا فلسفة ، وهى لا تختلف فى هذا عما اتخذ بوييل فى تجاربه من إجراءات . أما العامل الثالث فهو العامل الغريب . ولم يذكر « ريدى » عنه شيئاً . لم يذكر تصريحاً ، ولكنه ذكره كل الذكر بالذى أجرى من تجارب للمقارنة . إنه وضع القبابات جنباً إلى جنب ، هذه مختومة وهذه مفتوحة ، وفيها جميعاً لحم واحد ، وبهذا أجاب عن كل ما يحتمل من نقد ، حتى الناقد الذى كان فى استطاعته أن يقول : « ولكن ما أدراك أن فى هذا اليوم بالذات يظهر الدود فى اللحم ، حتى المكشوف منه ؟ » .

إن الغرض الجوهرى من تجربة المقارنة فى البحث البيولوچى إنما هو التحقق من أن عاملا واحداً متغيراً هو وحده الذى يؤثر فى نتيجة التجربة . وليست هذه الطريقة مقصورة على علم الأحياء . فبريار Perier (صفحة ١١٦) اتبع هذه الطريقة لما جعل أحد رجاله يقف عند سفح الجبل ببارومتر ثان يرقب ضغط الهواء عند السفح ، بينما رقبه هو عند قمة الجبل وعلى شتى ارتفاعاته . ولكن قيمة هذه الطريقة فى علم الأحياء التجريبى أكبر لأن العوامل المتغيرة كثيراً ما تكون خافية لخفاء طبيعتها ، وصاحب التجربة يحذف هذه العوامل الخافية بأن يجرى تجربتين أو ثلاثاً أو أكثر معاً ، وهى متفقة فى كل ظرف من ظروفها وصفة من صفاتها ، إلا شيئا واحدا يتغير بينها ، وتختلف فيه . فيكون ما ينشأ من اختلاف فى

نتائجها راجعاً إلى هذا العامل الواحد المختلف المتغير .

وهناك اختلاف غير هذا بين طرائق العلوم الطبيعية فى البحث ،وبين علوم الأحياء ، يتضح من درس ما أجرى « ريدى » من تجارب وما خرج به منها ن نتائج . إنه كثيراً ما يصعب على المرء أن يعرف إلى أى بعد يستطيع أن يذهب بمبدأ خرجت به التجارب ، وإلى أى درجة يعممه . انظر إلى « الحقائق » ، بالمعنى الضيق الذى نقصده حين نستخدمها هنا ، التى نجدها فى تجارب « ريدى » . إن الشيء الذى يمكن إعادة إثباته بالتجربة هو « أنه ما منع الذباب فلم يدخل إلى اللحم ، إذاً فلا يظهر فى اللحم دود ». ولكن هذه الحقيقة إنما ثبتت فى فلورنسا ، فى منتصف شهر يوليو . أفتظل هى كذلك فى كل بقعة من بقاع الأرض ، ولكل نوع من أنواع اللحوم ؟ ثم ماذا يقصد « باللحم » وماذا يقصد « بالذباب » إن الإبهام الذى كان فى معنى هذين اللفظين عام ١٦٦٨ لا يزيد لا شك على إبهام كان عند ذاك فى معانى « النار» و « الزيت » و « الكبريت » ، ولكنه أكثر إبهاماً من معنى « أكسيد الزئبق الأحمر» الذى فهمه لاڤوازييه ، وفهمه پريستلى. واختصاراً أقول إن من الصعوبة بمكان فى حقل علم الأحياء التجريبي أن تحدد ظروف تجربة تحديداً دقيقاً ، أو أن تضمن الخروج بالنتيجة الواحدة دائماً ضماناً كبيراً . وهذه صعوبة موجودة فى كل علم من العلوم ، لا شك فى هذا ، ولكنها فى علم الأحياء أكبر وأشد منها فى علم كالفيزياء والكيمياء . وسنرى قريباً ما صنع بها بستور ، وكيف تخطاها .

إنه من غير المأمون أن يقول المرء قولة قاطعة أخيرة ، إن التوالد الذاتى لا يحدث أبداً ، حتى لو دلت كل التجارب بكل صنوف اللحم ، تجرى

فى كل الأجواء ، على أن الدود لا يتكون إلا مع وجود الذباب . إن « ريدى » نفسه اعتقد أن الدود يظهر من ذات نفسه فى عفص النبات .

وإذا نحن انتقلنا قفزاً إلى منتصف القرن العشرين ، إلى أيامنا هذه ، ظهر لنا فى وضوح أنه لا سبيل إلى إثبات قضية كهذه تقول « إنه فى جهة ما على ظهر هذه الأرض ، تنشأ اليوم الكائنات الحية من مادة ميتة » ، وبالطبع لا سبيل إلى إثبات بطلانها . ولو أنى أشك فى أن رجلا واحداً خبيراً بعلم الحياة يصدق اليوم قضية كهذه . ولكن إذا جاءنا رجل يقول « إن التولد الذاتى يحدث فى ظروف كذا وكذا » ، وكم أتى من رجال يقولون هذا منذ عهد « ريدى » إلى اليوم ، إذاً لتغير وجه القضية . فهذا قول يمكن إثباته أو إبطاله ، ولو أنه من العسير الوصول فى مثله إلى أدلة قاطعة ، وقد دل على هذا العسر ما جرى فى أواخر القرن التاسع عشر من مناقشات ومحاولات .

ولقد أجد من القراء من يعترض على استخدامى عبارة «الأدلة القاطعة» فيما كنت فيه ، ذلك لأنى إلى الآن كنت أحاول أن أكون حذراً فى تعبيرى ، وكنت أتحدث بلغة التجارب التى تتفق أو لا تتفق والمشروع التصورى القائم . وقد أخطأت فعبرت بهذه العبارة قصداً وعمداً ليدرك القارىء أن علم الأحياء ، حتى فى القرن التاسع عشر ، كان أقرب إلى التعقل الفطرى ، إلى تعقل السواد ، وأقرب كثيراً من فيزياء القرن التاسع عشر وكيميائه . إن أكبر شكّاك مرتاب لينسى نفسه وهو يستعرض ما درس من التولد الذاتى ، فيتحدث على عادته القديمة عن الأسباب ومسبّباتها .

إنه من الواضح أننا فى موضوع كهذا ، عند ما نجرّب ، نقترب من صنف تلك التجارب التى يأتيها الناس وهم فى سبيل العيش ، كمن يسمع فى الليل صوتاً مزعجاً فيقوم يبحث عنه وعن أسبابه . وهو يقوم فيفتح هذا الباب أو يزيح هذا الحاجز أو يغلق هذه النافذة ، ويفعل هذا حتى يسكت الصوت . فهذا هو التجريب الفطرى ، تجريب السواد من الناس. ولن تجد إلا فيلسوفاً ، مغرقاً فى فلسفته ، يسمى هذا الرأى ، الذى جاء هذا الرجل فى منتصف الليل ، فرضاً أو نظرية ، ويسمى ما قام به من فتح وإغلاق، تجارب لتحقيقها . وسيجد القارىء وقع قولى هذا فى نفسه كوقعه عند ما أقول إن الفرق بين تصور تورتشيلى الجو كأنه « بحر من هواء » ، وتصور « ريدى » « أن الذباب يسقط بيضه على اللحم فيفقس دوداً » ، ليس إلا فرق درجات . ولكن لا بد من الاعتراف بأن فرق الدرجات قد يزيد فيصير فرقاً فى النوع . قارن مثلا بين الصور الذهنية المجردة الحديثة للإلكترون والبروتون والنيوترون ، وبين الصور الذهنية التى فى مثل حداثتها ، أعنى « الريكتسيا » (أحياء غاية فى الصغر) ، بحسبانها سبباً لمرض الحمى المترقطة Spotted fever . وانظر ما بين هاتين المجموعتين من الصور من فروق . إن الصور الأولى ، وهى صور من علم الفيزياء ، نتصورها فنحس أننا إنما نعالج أشياء أبعد ما تكون من أحاسيس الناس الخمسة . أما الصور الأخرى ، وهى تتصل بأمراض الناس وأسبابها ، فنتصورها فنحس أننا نعالج أشياء محسوسة ملموسة . ولكن قرب هذه الصور الذهنية الأخيرة من الأحاسيس قرب ظاهر خادع ويظهر ذلك إذا نحن حاولنا تعريف صورة نتصورها عن الحمى المترقطة ،

أو صور نخالها عن هذه الأجسام الصغيرة ، الريكتسيا ، التى هى سبب هذه الحمى . عند ذلك تظهر لنا متاعب لم نكن نراها . وعند ذلك نضطر اضطراراً الى إيراد الكثير من الوقائع ، منها ما جاء بالخبرة الفطرية المحضة ، ومنها ما نشأ بعيداً عن فهم رجل الشارع وعن السائد من آرائه . وعند ذاك نجد أن فى الأمر مشاكل كالتى أشرنا إليها فى محاولة تعريف التخمر .

السبب والمسبب فى البيولوجيا أو علم الحياة

إننا فى الطب وفى علم الحياة التجريبى نعالج موضوعات لا نفتأ نتنقل فيها من صور للذهن فطرية ، إلى صور مما ابتدعه العلم . ونحن « نحس » بـ « حقيقة » الصورة فنميل إلى التحدث عن الأسباب والنتائج ، ونستخدم فى حديثنا معانى صارمة قاطعة فنشير الى دليل فنقول إنه « دليل حاسم » . ونحن نحس بجدة الصورة أو بغرابتها أو أجنبيتها فنسارع فى أمرها إلى الحديث عن الصور الذهنية والمشروعات التصورية .

وميلنا لاستخدام المعانى الفطرية ، من « أسباب » ومن « نتائج » فى ظواهر علم الحياة لا يرجع إلى إيمان غريزى فينا بحقيقة الصور البيولوجية ، وإلى هذا الإيمان وحده . إن فرقاً من الفروق الكبيرة بين علم الحياة ، وبين علم الفيزياء وعلم الكيمياء ، يرتكز على فرق ما بينهما من حيث ترتيب الوقائع فى الزمن . فإذا أعقبت واقعة واقعة فى الحدوث ، ملنا إلى اعتبار التى وقعت أولا سبباً فى وقوع التى وقعت ثانياً . والعكس غير صحيح . وإذا دلّت الملاحظة المتصلة على أن واقعة هى ا تتقدم دائماً واقعة أخرى هى ب

قبلنا بمنطق الفطرة أن ا هى السبب فى ب ، ولو أننا ندرك أنه قد تلزمنا حجج متطاولة نثبت بها أنه لم تكن هناك واقعة أسبق ، هى سبب ب ، أو لعلها سبب ب و ا معاً . ولد رمى حجراً فى نافذة جار له فكسر زجاجها . فما سبب كسر الزجاج ؟ أهو الحجر ، أم هو الولد ، أم هو ذلك الولد الآخر الذى أوعز إلى هذا الولد أن يصنع ما صنع ؟ إن المهم هنا هو تتابع الحوادث فى الزمن . ونحن فى الحياة نرى الحوادث تتتابع . وهى تتقدم فى الزمن ، ولا نراها ، إلا بالشريط السينمائى الذى يدار عكسياً ، وهى تتأخر فى الزمن . فنحن لا نرى فى الحياة الجارية نافذة مكسورة ، ثم نراها غير مكسورة ثم نرى حجراً يقترب من النافذة ، ثم نرى الولد وفى يده الحجر. هذا الترتيب ، ترتيب القهقرى ، لا نراه فى الحياة أبداً .

وظواهر علم الحياة ، علم الأحياء ، ما هى إلا وقائع فى الزمن لا تختلف كثيراً عن هذه الواقعة البسيطة التى سبق أن ذكرنا . وليس عالم الأحياء هو وحده الذى يتابع هذه الوقائع فى ترتيبها الزمنى ، بل كذلك الرجل الذى ينظر إلى هذه الأحداث نظرات عابرات يدرك أن البرعم تليه الزهرة يليها الثمر ، وأن هذا الترتيب لا ينعكس أبداً . حتى عالم الأحياء التجريبى ، وهو يقوم بأكثر تجاربه اصطناعاً ، لا يمكنه أن يعود بهذه الأحداث القهقرى كما يجرى فى الفيلم السينمائى أبداً . وهو لا بد أن يقبل غصباً أن البيضة يليها الفرخ تليه الدجاجة ، ويقبلها « حقيقة » فى هذا الترتيب الذى لا ينعكس أبداً ، فإذا وجدنا من بعد ذلك أن الذباب يرى وهو يسقط البيض على اللحم ، ووجدنا أن الديدان تخرج من البيض ، حكمنا من بعد ذلك أن الذباب هو « سبب » هذه الديدان . وفى ظواهر

أعقد ندور نتصيد الأسباب لهذه الظاهرة أو لتلك .

قارن بعدئذ بين هذه الأمثلة التى ضربناها وبين التجربة الكيماوية البسيطة التى أجراها لاڤوازييه وپريستلى فى أكسيد الزئبق الأحمر . إن تسخين الزئبق فى الهواء مدة طويلة ، إلى درجة دون درجة غليانه بقليل ، ينتج هذا الأكسيد الأحمر (صفحة ٢٦٨) . وهذا الأكسيد يسخن إلى درجة حرارة أعلى ينتج الزئبق وغاز الأكسيجين . ومعنى هذا أن الزئبق قد يسبق أكسيده ، أو أن يسبق الأكسيد الزئبق تبعاً للحرارة ، فأيهما السبب وأيهما النتيجة ؟ أيهما العلة وأيهما المعلول . أو عد بنا الى مبادئ الأدروستاتيكا الأولى (صفحة ١٨٦) . إننا قلنا إن الماء يبحث فيجد مستواه بنفسه ، وشرحنا ذلك بأن صببنا الماء فى وعاء ذى ذراعين . وبالنفخ فى إحدى الذراعين نستطيع أن نرفع مستوى الماء فى الذراع الأخرى ، أن نرفعها قليلا . ولكن لا يلبث أن يتعادل الضغطان فى الذراعين فيتساوى مستواهما . ويستطيع الإنسان أن يصنع بحيث يسبق ارتفاع المستوى فى الذراع اليمنى ، أو يسبق ارتفاع فى الذراع اليسرى . ومعنى هذا أن العملية عكسية ، تبدأها من ناحية أو تبدأها من الأخرى . وكذلك تكوين أكسيد الزئبق الأحمر من الزئبق ، على شرط تغيير درجة الحرارة واستغراق الزمن الكافى . ففى العمليات الكيماوية والعمليات الطبيعية ، الفيزياثية ، يستطيع صاحب التجربة كثيراً أن يغير من ترتيب الوقائع فيها . وفى هذه الحالة وأمثالها يصعب التحدث عن السبب والنتيجة ، أو ما يقول المناطقة العلة والمعلول . وهذا سبب من الأسباب التى من أجلها يقل استخدام هذه المصطلحات فى العلوم الطبيعية عنه فى العلوم البيولوچية .

وسبب آخر يشكاك فى قيمة هذه المصطلحات عند استخدامها فى الطبيعة والكيمياء حتى فى الأغراض التعليمية . وذلك صعوبة أن نختار واحداً من العوامل المتغيرة القائمة لنقول إن هذا ، وهذا وحده ، هو السبب وهو العلة . مثال ذلك إشعال الأيدروجين فى الهواء وتكوين الماء . فحدثنى ما السبب فى هذه الشعلة ؟ أهو الأيدروجين ، أم هو الأكسيجين ؛ أم هو الحرارة المنبعثة ، أم هو اجتذاب ذرة الأيدروجين لذرة الأكسيجين ، أم هو توزع الإلكترونات حول الذرات ؟ وما هذا إلا مثل من أبسط أمثال التفاعلات الكيماوية ، فما بالنا بالذى هو أقل بساطة ، والذى هو أكثر تعقداً . وإذا نحن رجعنا إلى الوراء عدة من صفحات ، إلى دراسة بستور لظاهرة التخمر ، إذاً لوجدنا عند التأمل أنه يفرض لهذه العملية المعقدة ، عملية التخمر ، سبباً . وكان هذا السبب عنده هو وجود الكائنات الصغيرة الميكرووّية الحية المتكاثرة. والذى ينظر إلى ما انتهت إليه هذه القصة ، يتعلم منها أى الظروف يحمل على استخدام فكرة السبب والمسبب ، فتنفع ، وأيها يحمل على ترك هذه الفكرة ، فينفع تركها . إن بستور عند ما قال إن السبب هو «كائنات ميكرووية حية متكاثرة » إنما ذكر سبباً تضمن عدة من أسباب . تضمن عدة من عوامل متغيرة تصح بعضاً أو كلا ، أن تكون سبباً . غشاء الخلية ، ما بالخلية من أنزيمات ، العملية الإنسالية التى تحدث فى الكائن الحى ، وما إلى هذه . إنه جمع فى صرة واحدة عدداً من المجهولات ، ومن أجل هذا استطاع الى حين أن يدرس علاقة هذه الصرة ، وهى من جهل ، ببعض التغيرات الكيماوية . وفى هذه الظروف العلمية البدائية إذا سأل السائل ما العامل الذى يخرج

حامض اللبن من السكر ، كان سؤاله له فى التجريب معنى ، وله بالتجربة جواب . واليوم ، بعد أن عرفنا ما عرفنا عن الأنزيمات ، يجد المرء صعوبة فى الجواب عن السؤال : « ما سبب التخمير » ؟

إن خروجنا عن موضوعنا زمناً ، نبحث فيه فى التعبيرات التى نستخدمها لتفسير العلم ، كان خروجاً نافعاً إن كان قد أنتج عند القارىء حساً بتعقد العوامل المتغيرة فى ظاهرة قائمة فى شتى حقول العلم . كذلك هو قد يلفتنا الى أن القول الذى نسمعه كثيراً ، بأن الأسباب والمسببات قد اختفت من العلم الحديث ، قول يجب أن نستمع له ولكن فى حذر شديد. إنى فى هذا الكتاب لم أتعرض لظواهر الكوانتم . أو القنطام Quantum[1] ولا تعرضت لمبدأ «أن لا يقين فى الطبيعة» The principle of uncertainty[2] هذا الذى نشروا عنه وأعلنوا وأكثروا ، ولكن لعلى بلغت فى استعراض المناهج العلمية وأساليب التدليل حداً يجب عنده أن نتخير أحد طريقين ، فإما أن نوغل إيغالا فى نظرية المعرفة ونحللها تحليلا فلسفياً ، وإما أن نقنع باستخدام مصطلحات السواد من الناس ما سهل استخدامها ونفع . إن « العلة والمعلول » عبارة يعمل فى نطاقها صاحب التجربة ما نفعت ، وهى قد لا تنفع ولا يكون منها إلا اختلاط واختباط .

---

(١) انظر شرح النظرية فى الهامش بصفحة ٥٠ .

(٢) مبدأ « أن لا يقين فى الطبيعة » هو المبدأ المعروف بمبدأ هيزنبرج Heisenberg وهو مبدأ نتج عن تحول معنى الحقيقة تبعاً لما اكتشف فى علم الفيزياء فى هذا القرن الحاضر مما اختلت به الموازين القديمة كل الاختلال . فقد اتضح فى هذا القرن أن كل المعرفة الطبيعية التى حصل عليها العلم ليست إلا معرفة إحصائية تختفى وراءها حقيقة الأشياء ، =

جدل القرن الثامن عشر حول التولد غير المتجانس

إذا نحن رجعنا إلى مناقشة مبدأ التولد الذاتى ، لوجدنا أن الفكرة انتهت بناء على تجارب « ريدى » وأضرابه ، وذلك فيما يختص بتولد النباتات الشائعة والحيوانات . إنها تتولد من شىء ، لا من ذات نفسها ، ولكن كشف الميكروسكوبيون فى أواخر القرن السابع عشر دنيا جديدة من الكائنات الحية فتحت باب ذلك الجدل من جديد . كانت الخلاصات النباتية والحيوانية ، والفضلات من هذه وتلك ، تُخرج طائفة من الكائنات الحية يكشف عنها الميكروسكوب فتصبح موضوعاً للجدل بين علماء الحياة فى القرن الثامن عشر . وكان من هؤلاء العلماء رجل كبير المقام ، هو الكونت دى بوفون Conte de Buffon[(١)] ، دافع بقوة عن مبدأ « التوالد غير المتجانس » Heterogenesis ، فهذا كان الاسم الجديد

=وحقيقة الدنيا بالذى فيها من علل ومعلولات. وأن هذه الدنيا المختفية وراء ما نعلم من ظواهر ، ليست معروفة ، وبناء على نظرية أ نشتين ، غير قابلة لأن تعرف . وهذه الدنيا المختفية، ليست فقط غير معروفة ، وليست فقط غير قابلة للعرفان ، بل هى أيضاً غير قابلة للتصور .

(١) هو جورج لويس بوفون (١٧٠٧ - ١٧٨٨) عالم التاريخ الطبيعى الفرنسى عين فى عام ١٧٣٩ مشرفا على الحديقة الملكية بباريس (الآن حديقة النباتات) وانصرف إلى تأليف كتابه الضخم الذى أسماه « التاريخ الطبيعى » وأنفق فيه عمره ، وهو بضعة وثلاثون مجلداً ، فى النباتات والحيوانات والطيور والمعادن والأرض . وترجم إلى كل اللغات الأوربية وأذاع اسم مؤلفه . ومنحه لويس الخامس عشر لقب الكونت ، وكان أثيراً كذلك عند لويس السادس عشر .

« للتولد الذاتى » . اعتبر « بوفون » أن كل مادة حية تتألف من جسيمات متعضونة، الأصل فيها أنها لا تتلف ولكنها تدخل فى عدة من تراكيب مختلفة . فهذه «الجزيئات المتعضونة» تؤلف جوهرة الحياة. ويجب أن نذكر أن هذه الآراء قال بها أصحابها قبل الثورة الكيماوية (الباب السابع) ، وقبل النظرية الذرية لدلتن بنحو نصف قرن (صفحة ٢٧٦) . وعارض بوفون كل المعارضة رأى من قالوا إن الكائنات الميكروسكوبية الصغيرة ، كالكائنات الحية الكبيرة ، لها أصول من كائنات حية أخرى تخرج منها. عارض أن يكون للكائنات الميكروسكوبية جراثيم تخرج منها ، كما يخرج نبات من حبة ، أو حيوان من بيضة .

وأعان بوفون رجل إنجليزى هاو فى علم الأحياء ، اسمه جون نيدم John T. Needham[1] . أعانه فى بعض ما كتب أخيراً ، وجاء من التجارب بما اعتقد أنه دليل مقنع على قدرة الميت من المواد أن يخرج الحى ، والظاهر أنه كان أول رجل استخدم درجات الحرارة العالية محاولا بها إتلاف كل الكائنات الحية فى مادة سائلة أو صلبة . ومن هذا أنه وضع حساء من ضأن فى قارورة ، ثم سدها بفلين وسخن القبابة فى رماد ساخن ، وزعم أن هذا يقتل كل ما بالقارورة من جراثيم حية . ومع هذا فهو لما برد القارورة ، وصبر عليها بضعة أيام، ثم فتحها وجدها تمتلىء بالأحياء الميكروسكوبية. ونحن اليوم إن نظرنا إلى ما صنع نيدم قلنا إن آراءه التجريبية طيبة ، ولكن تفسيره لنتائج التجارب كان خاطئاً . والعجيب أن هذا الرأى كان رأى معاصر له عالم فى الطبيعة الحية إيطالى اسمه إشبانزانى

---

(١) هو جون تربرفل نيدم ، ولد عام ١٧١٣ ومات عام ١٧٨١ .

Spallanzani[١] . وهو ، مثل نيدم ، استخدم درجات من الحرارة عالية يقتل بها أى « جرثومة » توجد فى أى من الأخلاط التى صنعها من أنسجة نباتية وحيوانية عمد الى دراستها . وكان أكثر ما يصنع أنقعة من مختلف الحب يضعه فى الماء الدافئ . واستنتج من تجاربه أن الإنسان إذا اتخذ الاحتياطات الكافية ، وسخن النقيع من هذه الأنقعة مدة كافية لا يظهر فى النقيع من بعد ذلك كائنات حية .

إن بعض من يقرأ ما كتب اشبلنزانى يحس أن فيها ما كان يكفى لإنهاء هذا الجدل ، ومما لا شك فيه أنه كان رجلا نافذ البصر جاء سابقاً لأوانه. وانتهت المشكلة بين ما صنع نيدم وما صنع اشبلنزانى بأن ظل العالم العلمى منقسما على نفسه . حتى إذا جاء بستور بعد ذلك بمائة عام ، وراجع ما صنع الرجلان ، أدرك السبب فى أن اشبلنزانى أخفق فى السير بالجدل إلى نهايته الحاسمة . وهذا مثل من الأمثلة التى يجب أن يتوقف المرء عندها طويلا ، لأنه يوضح مرة أخرى تلك الصعوبة التى يجدها المرء عند ما يحاول أن يعرف معنى تصورياً من معانى علم الحياة بناء على ما تخرجه التجارب من نتائج . إن نيدم دافع عن رأيه بأن نقد ما صنع اشبلنزانى فقال ما خلاصته إن اشبلنزانى منع تولد الأحياء الميكروويه فى أنقعة المواد النباتية والحيوانية التى حضرها ، وذلك بتعريضها لدرجة حرارة غليان الماء مدداً أطول من التى يراها نيدم كافية لقتل الكائنات الحية ، وهو بذلك قد أضعف إن لم يكن أتلف « القوة الإنباتية » vegetative force

(١) هولازارو اشبلنزانى ، ولد عام ١٧٢٩ ومات عام ١٧٩٩ ، وهو عالم إيطالى فى التاريخ الطبيعى ، وأكثر بحوثه فى الفسيولوجيا . وكان أستاذاً فى عدة جامعات ، ومنها جامعة يافيا ، وفيها ملأ متحفها بما جمع فى رحلاته من سواحل البحر المتوسط .

الموجودة فى الأنقعة . إنه آذى هذه الأنقعة أى إيذاء . وهنا يجب أن نذكر أن نيدم وبوفون فرضا وجود « قوة حيوية » vital تختلف اختلافاً بيناً عن « الجراثيم الحية » على اختلاف أنواعها، فأما الجراثيم فتموت بتعريضها للماء الغالى ، لأن هذا الماء يسلق البيضة « ويقتل » الصغير من النبات والحيوان ، فأما القوة الحيوية فتحتمل السلق ولكن لمدد محدودة قصيرة . وهى حساسة فلا تستطيع أن تصمد للغلى الطويل الذى عرضها له اشبلنزانى . فهذا ما رأى نيدم .

وأنت إذا حددت معنى « القوة الحيوية » أو حتى « الجزيئات المتعضونة » اعتماداً على درجة مقاومتها لدرجات الحرارات العالية فسوف تنتهى إلى مبدأ « التوالد غير المتجانس » وهو مبدأ لا تخطئه تجارب اشبلنزانى . وقد نحس أن فكرة « القوة الحيوية » فكرة أشبه بأفكار عصر ما قبل العلم الحديث ، ولكنا لا نستطيع أن نقول هذا فيما يختص « بالجزيئات المتعضونة » التى تتغير بتعريضها للماء الغالى ، فهذه فكرة لا تتنافر مع ما عرفناه من كيمياء البروتينات فى القرن العشرين .

إن المناظرة التى وقعت بين نيدم واشبلنزانى لم تنته إلى شىء، فلم يكن فيها غالب ولا مغلوب . ولكن عاد فعقد من أمرها كشف تجريبى رائع كشفه رجل فرنسى فى أوائل القرن التاسع عشر . كان هذا الرجل صانع حلوى ، وكان اسمه أپرت Appert ، وأراد أن يطبق ما قرأ من أعمال نيدم واشبلنزانى على الذى يصنع من طعام ، رجاء حفظه من الفساد . وقد يعتبر بحق أنه منشىء طريقة التعليب[1] لحفظ الأطعمة التى نألفها اليوم،

---

(١) الوضع فى العلب .

فهو أثبت أنك إذا ملأت وعاء زجاجيًّا إلى قمته تقريباً بطعام ما ، وسخنت الوعاء فى الماء الغالى زمناً ، وسددت الوعاء فأحكمت سده وهو لا يزال ساخناً ، فإن الطعام يبقى صالحاً زماناً طويلا فلا يتطرق إليه فساد . وهذا ، على فكرة ، مثل آخر من نجاح إجراء عماده الخبرة كل الخبرة ، عماده الاختبارية البحتة ،قبل أن يفحصه العلم بالتجريب فينتهى إلى حل فيه . فهذا الرجل اقتبس هذا الكشف العلمى فانتفع به فى فن عملى قبل أن يدرك العلم ما « العامل المتغير » ، أو العوامل المتغيرة ، التى أثرت فى هذا الإجراء ، فى هذا التسخين الذى عقم الأطعمة ، ومن أجل هذا أسميناه « بالتعقيم بالحرارة » تمييزاً له عن تعاقيم أخرى نعرفها اليوم لا تدخل الحرارة فيها .

وزاد العلماء ربكة ما خرج به العلم فى تقدمه ، وخرجت به الكيمياء فى حداثتها ، من تجربة رجا بها الراجون منها الهدى ، فإذا بها للضلال . ذلك أن كيماوياً فرنسياً له مقامه أعاد ما أجرى « أپرت » من تجارب ، وأثبت أن الهواء الذى كان فوق الطعام فى الأوعية الزجاجية بعد ملئها وحفظها ، لم يكن به أكسيجين ، واستنتج من ذلك أن « العامل المتغير » فى فساد الطعام أو إصلاحه ، فى عملية الحفظ هذه ، هو وجود الأكسيجين فوق الطعام أو اختفاؤه . أو بعبارة أخرى قد يكون هذا الأكسيجين هو « العنصر الحيوى » الذى اتهم نيدم فيه اشبلنزانى بانه أتلفه بالتسخين الطويل .

ثم حادثة تاريخية أخرى أضيفها إلى ما ذكرت من تاريخ ، وذلك قبل أن أدخل فى أعمال بستور الخالدة فى موضوع التولد الذاتى .

فى عام ١٨٣٧ ابتدع باحث ألمانى طريقة فى التجريب جديدة قدر لها أن لعبت دوراً ذا بال فيما استجد بعد ذلك من أبحاث فى التوالد غير المتجانس وأثبت هذا الباحث الألمانى أن الهواء إذا أدخل من بعد تسخينه إلى قارورة بها عصارة لحم لم يسبب وجوده فساد العصارة . فاتضح من هذا أن الهواء لا شأن له بالفساد ، واتضح كذلك أن المهم ليس الهواء ولكن ما حمل الهواء من تراب هو حامل الجراثيم افتراضاً . وزاد هذا ثبوتاً بالذى أجراه باحثان ألمانيان من بعد ذلك بعشرين عاماً ، إذ أمرا الهواء فى قطن ليصفياه من ترابه ، فلما صفا كان كالهواء المسخن من حيث إنه لا يسبب فساداً فى الأطعمة . ونحن ننظر اليوم إلى الوراء فنجد أن هذا الدليل كان قاطعاً ، لأننا قد تعودنا فكرة أن « الجراثيم » لا بد من وجودها لظهور الكائنات الميكرووية فى الأطعمة والأخلاط النباتية والحيوانية الأخرى . إن هذا الربط بين وجود الكائنات الميكرووية وبين ما يحدث من فساد أو من تخمير هى التى ساقت بستور فانتقل بها من الكيمياء إلى علم الحياة (صفحة ٣١٤) .

إن اهتمام بستور بالتولد الذاتى كان نتيجة طبيعية لدراسته ظاهرة التخمر . والواقع أنه فى نشرته المهمة الأولى فى التولد الذاتى تحدث فى التخمر وعرض ما له من آراء فيه . ولكن مؤرخى حياته أرونا فى كثير من الإقناع أن الذى حفز بستور إلى الدخول فى هذا الموضوع إنما هى نشرة نشرها بوشيه Pouchet . وكان بوشيه عالماً فى التاريخ الطبيعى ، وكان مديراً لمتحف التاريخ الطبيعى بمدينة روان Rouen ، وكان قد اقتنع بفكرة التولد الذاتى ، أقنعته بها تجارب أجراها ونشرها عام ١٨٥٨ .

وأجاب بستور عما جاء بهذه النشرة إجابة مطولة ظهرت فى عام ١٨٦٢ . واتصل بينهما الجدل عنيفاً لسنوات بعد ذلك ، ثم ظهر أن بستور كان له الغلبة فخبا ما كان بينهما . ثم حدث فى العقد الثامن من هذا القرن أن عاد طبيب إنجليزى يدعى هنرى بستيان[١] Henry C. Bastian ، ففتح الموضوع وأعاد الجدل إلى ما كان عليه يدافع عن نظرية التولد الذاتى ، وكان جدلا مثمراً ، أفاد منه العلم وتقدم . ولكن ما جاء العقد الثامن من القرن وكاد يختتم حتى تكاثرت الأدلة ضد التولد الذاتى ، أو إن شئت فالتناسل غير المتجانس . ونشر بستيان آراءه يدافع عنه فى عام ١٩١٠ ، ومع تأخر هذا التاريخ ووقوعه فى القرن العشرين فإنك لن تجد أحداً من أنصار هذه النظرية عاش إلى القرن العشرين .

ونشر بستور فى عام ١٨٦٢ مقالة فى « الأجسام المتعضية[٢] التى توجد فى الجو » فكان وثيقة كبرى فى تاريخ العلم التجريبى . واستعرض صاحب المقال فى مقدمته عمل ريدى ، ونيدم ، وإشبلنزانى ، والأعمال الأحدث التى قام بها الألمان فى ألمانيا ، ثم كتب فيما كتب ما يلى :

« بعد هذه التجارب التى تحدثت عنها ، حدث أن عالماً فى التاريخ الطبيعى ماهراً ، من مدينة دوان ، اسمه پوشيه أطلع الأكاديمية على نتائج

---

(١) طبيب إنجليزى ، ولد عام ١٨٣٧ ومات عام ١٩١٥ ، وتقلد مناصب للأستاذية كثيرة بجامعة لندن .

(٢) هى من العضو ، أى الجزء من الجسم وغيره . والفعل عضا يعضو . والمتعضية المقسمة إلى أجزاء أو أعضاء . والعضو هو الجزء من الجسم الذى يقوم بوظيفته ، ومن وظائف الأعضاء جميعاً ، وهى تعمل باتفاق ، يكون الكائن الحى . وهو الجسم الكامل المتعضى .

ظن منها أنه قادر بها على إرساء نظرية التناسل غير المتجانس — نظرية التولد الذاتى — على قاعدة ثابتة . ولم يستطع أحد أن يدرك عندئذ موضع الخطأ فى تجاربه . ولم تلبث الأكاديمية أن رأت حاجة الى مواصلة التجارب فأعلنت عن جائزة عن مقال يكتب عنوانه : محاولات تلقى ضوءاً على نظرية التولد الذاتى بإجراء تجارب حسنة الفكرة والإجراء .

وأعضل الأمر وانبهم إلى حد أن بيو Biot [(١)] (عالم فيزياء فرنسى ممتاز) ، وهو رجل اتصل عونه لى فى عملى ، ذكر لى أسفه على أنى شغلت نفسى بهذا الموضوع أبدا ، وأخذ منى وعداً أن أجعل لهذا البحث أمداً ، إذا أنا لم أتخطّ فيه ما أجد من عقبات ، أن أطرحه وأغلق بابه . وكذلك دوماس (وهو عميد الكيماويين الفرنسيين) ، وهو الذى شارك بيو فيما أسدى إلى من خير ، قال لى إنه ما كان لينصح أحداً أن ينفق فى هذا البحث زمناً طويلا .

وماذا كانت حاجتى أنا للدخول فى هذا الموضوع ؟ إن الكيماويين وقعوا منذ عشرين عاماً على مجموعة من ظواهر جمعوها جميعاً تحت اسم التخمر . وكل هذه الظواهر تتطلب وجود شيئين : أحدهما مادة تتخمر كالسكر ، والآخر مادة أزوتية فى شكل زلال دائماً . والنظرية التى قبلها الجميع تضمنت أن هذه المواد الزلالية تتغير فى الهواء (أكسدة خاصة غير معروفة طبيعتها) ، فتتحول بذلك إلى شىء له صفة الخميرة ، أى شىء يفعل بعد ذلك باللمس فى مادة تتخمر فيخمرها » .

---

(١) هو عالم فرنسى ، و رياضى وفيزيائى وفلكى ، ولد عام ١٧٧٤ ومات عام ١٨٦٢ . تولى أمر مرصد باريس ، ثم كان أستاذاً للفيزياء الفلكية بجامعتها .

وأخذ بستور بعد ذلك يتحدث عن عمله فى التخمر الذى يعطى حامض اللبن ، ذلك الذى ذكرناه فى الباب السابق (صفحة ٣١٨) ، ويقارن آراءه بآراء ليبج Liebig ، ثم هو يقول :

« قد علمت أن الخمائر تنتج من مس المواد الزلالية لأكسيجين الهواء . وعلمت هذا فقلت لنفسى إنهما شيئان ، أحدهما وحده هو الحق : فإما أن الخمائر وحدات متعضية ، وأنها تنتج من الأكسيجين وحده ، بحسبانه أكسيجيناً ولا شيء إلا أكسيجين ، عند مساسه بالمواد الزلالية ، فهى إذاً تتولد تولداً ذاتياً ، وإما أنها لا تتولد تولداً ذاتياً، وإذاً فلا يكون الأكسيجين وحده المتدخل فى تكوينها، ويكون تدخله بأنه ينعش ويحيي جرثومة ، هو نفسه قد حملها معه ، أو هى موجودة فى المادة الزلالية أو فى المادة التى تتخمر. وعند هذا المفرق ، الذى جاءت به إليه دراسة التخمر ، وجب علىّ أن أرى رأياً حاسماً فى أمر التولد الذاتى . فقد ظننت لعلى واجد هنا سنداً قوياً أعمد به آرائى فى ظواهر التخمر ، تلك التى يصدق وصفها بالتخمر حقاً لا تجوّزاً » .

« والأبحاث التى أنا قادم على وصفها كانت انحرافاً عن طريقى فى البحث ، انحرفت اليه غصباً ، بسبب بحثى الأصيل ، بحث التخمر . وبذلك شغلت نفسى بموضوع جديد لم يشغل حتى ذلك الوقت إلا عقول علماء التاريخ الطبيعى ويتطلب مهارتهم وحكمتهم » .

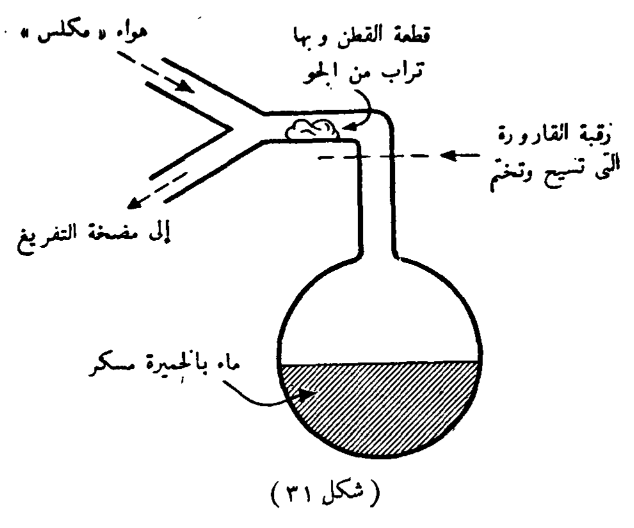
فإذا نحن ذكرنا العوامل التى حدت ببستور إلى دراسة التخمر ، وأضفنا إليها ما ذكره هو الآن، وكيف خرج من التخمر إلى التولد الذاتى ، تألفت منها جميعاً صورة كاملة عن كيف تحول عالم الكيمياء إلى عالم

أحياء . ولكن بصرف النظر عن هذا ، وبصرف النظر عما تلقيه النشرة من ضوء على العوامل التى تحرك الرجل العبقرى ، فهذه النشرة ، جديرة بالقراءة ، لأن بستور فيها وضّح العلاقة بين ظاهرة التخمر وظاهرة الفساد والتعفن ، وبين نظرية التولد الذاتى . وفيها قرر أن يبحث أكان نجاح تجارب كالتى أجراها « أپرت » ، بسبب استهلاك الأكسيجين فى هذه التجارب ، أم بسبب أن الجراثيم كانت أتلفت بالغلى . ثم هو ينتقل إلى جمع مقدار من الأدلة التجريبية هائل غامر إذا ما هو قيس بأعمال من سبقوه .

وسوف لا أحاول أن ألخص حتى هذه المقالة الواحدة لبستور ، ولكنى سأذكر نوع التجارب التى أجراها ، وبعض ما لاقى من صعوبات فى تفسيرها . ويجب أن نذكر أننا هنا فى صدد الحديث فى مجموعة الأدلة التى عملت برمتها على إضعاف حجة القائلين بالتولد الذاتى ، فلم تكن هناك من تجربة واحدة تستطيع وحدها الرد على ما أثاروا من اعتراضات . وأعاد بستور تجارب من سبقوه توًّا فى هذا الحقل، وأكد ما صنعوا . وهو أثبت أن الهواء الذى مر من أنبوبة محماة (هواء مكلس) ثم أدخل إلى وعاء (سبق أن عقم بالغلى) به مادة تتخمر ، فإن هذه المادة لا تبدأ فتتخمر . وأثبت ، على نقيض هذا ، أن الهواء العادى ، دون إحماء ، إذا أدخل إلى وعاء مثل هذا، به مادة مثل تلك، فإن تلك المادة تأخذ فى التخمر (لاحظ تجربة المقارنة هذه) . والوعاءان وضعهما بستور فى خزانة دافئة ليعجل بالتخمير . والمادة التى اختارها بستور لتتخمر سماها هو « ماء خميرة مسكّر » . وكانت خلاصة مائية لخميرة، أضاف إليها سكراً.

ولم يكن بها خمائر حية ، ولكنه أضاف مع السكر مواد زلالية وأملاحا معدنية مصدرها الخميرة نفسها . ومعنى هذا باختصار أن بستور ، بطريقته الفطرية جهز من الخميرة بيئة زارعية Culture Medium مغذية طيبة. وهذا الاختيار ؛ اختيارهذه البيئة الزراعية، على ما نسميها اليوم ، كانت له نتائج هامة ستذكر بعد قليل . وهى تدل على أن الفطرة فى التجريب جزء لا ينفصل عن إجراءات التجاريب جميعاً .

اقتنع بستور بأنه يستطيع أن يحضر ، وأن يعيد تحضير ، « ماء خميرة مسكّر » ، فى ظروف لا تأذن لها بالتخمر فى خزانة دافئة . اتخذ

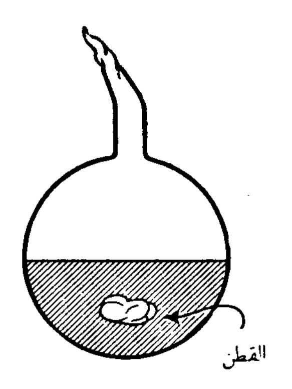


(شكل ٣١)

رسم يوضح طريقة بستور . إن الخميرة المسكرة تغلى ، ثم توضع قطعة من القطن فى الأنبوبة ، ثم يفرغ الهواء من القبابة ويحل محله هواء بعد تسخينه (تكليسه) ، ويعاد هذا حتى يكون هواء القبابة كله مكلساً . ثم تمال القبابة حتى تقع قطعة القطن فى سائلها . وعندئذ يسيح زجاج رقبة القبابة وتختم (كما فى شكل ٣٢) .

من هذه الحقيقة أساساً للتجريب . ومن ذلك أنه جمع ، من مقدار عظيم من الهواء ، ما به من تراب ، وجمعه على قطعة من القطن أمرّ عليها هذا الهواء مصاً ، ثم أدخل هذه القطعة من القطن بالذى عليها من تراب فى قبابة بها ماء الخميرة المسكر ، ثم لا شىء إلا هواء مسخن (انظر شكل ٣١ وشكل ٣٢ لإيضاح الطريقة التى اتبعت) . وانتظر ، فإذا ما بالقبابة يختمر ، بينا القبابات الأخرى ، مثيلة هذه ، سوى أنها لم يكن بها قطن بتراب ، لم يختمر فيها مختمر .

إن استخدام بستور « لتجارب المقارنة » ظاهر من هذا المثل من أعمال بستور . والذى يقف الموقف السلبى من هذا الجدل لا يستطيع إلا أن يعترف بأن الفشل فى اتخاذ الاحتياطات لقتل الجراثيم أو إبعادها يؤدى حتما إلى تخمر يقع . من أجل هذا وجد بستور أن هذا الإثبات لا يمكن أن يتحقق إلا إذا هو أجرى تجربتين ، بإحداهما قطن ليس مثله



(شكل ٣٢)
القبابة التى بشكل ٣١ بعد ختمها

بالأخرى ، فتخمر الذى مع القطن ، وتخمر وحده . إن القطن وحده هو وجه الاختلاف الواحد ما بين التجربتين ، فالاختلاف فى النتيجة لا بد منسوب إليه .

وذهب بستور أبعد من هذا ، وأجرى تجارب للمقارنة أخرى . مثال ذلك أنه أبدل بالقطن حريراً صخريًّا ، أزبستس . وخرج على نتيجة كالتى خرج منها من تجاربه بالقطن . واستنتج أن نوع المادة التى تحبس التراب من الهواء غير ذى بال . ولكن بإدخاله الحرير الصخرى ، وهو لا يتأثر بالحرارة ، اهتدى إلى ملحق آخر بارع لهذه التجارب . فهو جمع التراب على الحرير الصخرى ، فلما أثبت وقوع التخمر ، أعاد التجربة ، ولكنه سخن الحرير الصخرى بالذى عليه من تراب قبل إدخاله فى القبابة . وفى هذه الحالة لم يقع تخمر .

والآن فلنستعرض فى اختصار ما أجرى بستور من تجارب باقية على الدهر ، ونستعرضها بالقران إلى ما أراد بستور إثباته أو إيضاحه . إنه اعتقد أن أجساماً صغيرة جداً من مادة حية (جراثيم) لا بد من وجودها حتى يبدأ ماء الخميرة المسكر فى التخمر . وأن هذه الأجسام كانت من الصغر ومن القلة بحيث تتعذر رؤيتها بالمجهر . لهذا وجب أن تكون طريقة إيضاحه أو إثباته ، إثبات وجود هذه الأجسام ، طريقة غير مباشرة . ومع هذا فقد استطاع أن يثبت أن شيئاً ما فى الهواء العادى لا بد من إدخاله إلى القارورات لكى يبدأ التخمر . وفوق هذا أثبت أن هذا الشىء أمكن جمعه مع تراب الهواء على مرشح كالقطن وغيره ، كالحرير الصخرى ، وأنه عند ما أتلفه بالحرارة على المرشح لم يقع تخمر . فأى شىء

يكون هذا « الشيء » الذى هكذا حددته التجربة ، إن لم يكن هو أصل هذه الكائنات الحية التى تنمو وتتكاثر فى ماء الخمير المسكّر تحت الظروف العادية ؟ فإلى هنا أصاب بستور . وهو لم يضطر أبداً إلى التقهقر خطوة عن هذا الموقف الذى أوصلته إليه التجارب . ولكنه حاول بعد ذلك أن يستزيد من الأدلة وهنا دخل أرضاً غير مأمونة العقبى .

مناظرة « بستور » و « بوشيه »

لا بد للذى يريد أن يتابع هذا الباب من القصة أن يتذكر أن الأكسيجين كان السبب الذى عزا إليه العلماء التخمر ، وأن هذا الرأى دام سنوات . وأن هذا الرأى كان رأى پوشيه Pouchet . وأن كثيراً من تجارب التخمر أو الفساد والتنتن ، التى أمكن فيها بدء هذا التخمر أو الفساد بإدخال مقادير صغيرة من الهواء إليها ، هذه التجارب كان فى الإمكان نسبة ما حدث فيها إلى أحد شيئين ، فإما الأكسيجين وإما الجرثوم . وكانت تجربة بستور ، تجربة « الهواء المكلس » ، فيها الكفاية من إقناع ، أى هذين الشيئين هو سبب ما حدث من تخمر أو فساد . ولكن بستور لم يكتف بهذا ، وابتدع تجارب بسيطة يزيد بها إقناعاً . وضع ماء خميرة مسكرا فى قبابة ، ثم أغلى الماء ، ثم ختم القبابة بإساحة رقبتها فى شعلة من نار حتى التأمت وانسدت . وبعد أن بردت ، كسر أعلى الرقبة ، أعلى الخاتم ، فدخل إلى القبابة شيء من الهواء اندفاعاً ، بسبب ما كان بها من فراغ بسبب ختم رقبتها بالنار فى درجة حرارة عالية .

وعاد بستور فختم رقبة القبابة من جديد ، ووضع القبابة ، بل القبابات من أمثالها ، فى خزانة دافئة . ثم أخذ يفكر : إذا كان الأكسيجين هو سبب التخمر ، إذاً لتخمرت القبابات جميعاً ، لأنها جميعاً دخل إليها الأكسيجين . ولكن التجارب أثبتت غير ذلك . أثبتت أن بعضها يتخمر وبعضها لا يتخمر ، وكل هذا يتوقف على المكان التى فتحت فيه القبابة فأخذت من هواء الجو ما أخذت . وقل أن حدث أن قبابات عشرا أو اثنتى عشرة ، عولجت جميعاً معالجة واحدة ، فاختمرت جميعها . وهى لما فتحت فى الريف تخمر ثمانى قبابات من ٧٣ قبابة . وفتح بستور عشرين قبابة عند جبل للثلج ، هو المير دى جلاس Mer de Glace[1] ، فلم يظهر أثر الاختمار إلا فى قبابة واحدة منها . فلما فتح ١٣ قبابة فى حجرة فى خان بمدينة شاموني Chamonix ، فى المنطقة التى يوجد جبل الثلج فيها ، ظهر اختمار فى عشر منها .

إن التراب لا شك يختلف توزعه فى الهواء من مكان إلى مكان ، وهو لا شك أقل فى الهواء عند رأس جبل منه فى خان بقرية . لهذا جاز لبستور أن يستنتج أن الاختلاف فى النتائج كان بسبب اختلاف فى توزيع الجراثيم التى يحملها التراب فى الهواء . ولكن أهم من هذا أن الهواء كان يدخل إلى كثير من القبابات ثم هو لا يحدث اختماراً . إن تحليل الهواء بقبابات « أبرت » Appert التى حفظ بها مأكولاته ضلل الناس . إنه لا يوجد أكسيجين فوق الأغذية المحفوظة فى قبابات أو علب . وسبب هذا أن فى هذه الأطعمة ما يمتص الأكسيجين امتصاصاً بطيئاً . هكذا قال

---

(١) جبل الثلج هذا فى القرب من شاموني بفرنسا .

بستور ، وهذا هو التفسير الذى نحن نقبله اليوم . ولخص بستور ما وجد من ذلك فى مقال له عام ١٨٦٢ ،قال : « إنه ليس صحيحاً أن أقل مقدار من الهواء العادى يكفى لأن يحدث فى خلاصة ما تلك الحياة المتعضية organised التى هى خاصة بهذه الخلاصة » .

ولم يقتنع پوشيه ولا اقتنع أتباعه بمقال بستور . وأخذوا يجربون بأنفسهم على قمم الجبال وجاءوا بنتائج عكس تلك التى جاء بها بستور . وفتحوا وأغلقوا قبابات بها مواد تختمر ، عند قمة جبل مولت بلانك Monte Blanc وجبل مونت روزا Monte Rosa[1] ، وعلى جبل ثلج فى جبال البرنيز Pyrenes . وقالوا إنهم اتخذوا فى هذه التجارب ما اتخذ بستور من احتياط ، ولكن فى كل منها حدث التولد عندما تركت الأوعية فى مكان دافىء . وعزا بستور طبعاً هذه النتائج الى سوء فى التجريب . والحق أن كل خطأ فى أمثال هذه التجارب يؤدى حتما إلى نتيجة تناصر أهل الرأى فى التولد الذاتى . وهذا مؤدى نظرية بستور . فكل تقصير فى إتلاف الجراثيم أو إخفاق فى حبس لها خارج الأوعية ، يعطى نتائج خاطئة تؤيد نظرية خاطئة هى نظرية التولد الذاتى .

وتألفت لجنة من الأكاديمية الفرنسية لتقضى فيما بين بستور وپوشيه من نزاع . وعرض بستور على اللجنة قباباته وليس فيها أثر للتخمر مع أنها فتحت ثم أغلقت . وكانت أدلته غاية فى الإقناع . أما پوشيه وأعوانه ، فلأسباب غير واضحة ، أثاروا اعتراضات تافهة على ما رسمت اللجنة من

(١) كلاهما جبل فى سويسرا ، وقممهما مغطاة بالثلوج .

شروط ، وانتهوا بأن رفضوا أن يقوموا بإجراء التجارب ، ثم خرجوا من التحكيم . وقضت اللجنة بنصرة بستور . وظهر النصر حاسماً فى عام ١٨٦٥. ولكن لم يمض عليه غير عشر سنوات حتى تراءى ، حتى لبستور نفسه ، أن پوشيه ، عند ما خرج من ميدان المعركة ، خرج قبل أوان الخروج .

وليس معنى هذا أنهم وجدوا عندئذ أداة على التناسل غير المتجانس تصمد للتجريب الدقيق . ولكنهم كشفوا أن الأخطاء التى كانت بتجارب پوشيه لم تكن بأى حال من سوء تجريب پوشيه . كانت لها أسباب أخرى . فپوشيه استخدم خلاصة من الحشيش الجاف مادة للتخمر فى تجاربه ، بينما بستور استخدم ماء الخمير المسكّر. وفرض الرجلان ، وفرض معهما العلماء والناظرون ، أن نوع المادة التى لا تتخمر لا يؤثر فى النتائج شيئاً . واتضح أنه من الأشياء المتغيرة ، من العوامل الهامة التى تتغير فى التجربة فتتغير بها النتائج . لم؟ لأن الأحياء الميكرووية الموجودة بالطبيعة فى الحشيش الجاف ، تصنع بذوراً ، هى دور من أدوار حياة هذه البكتيريا . وهذه البذور تقاوم الحرارة مقاومة شديدة ، ولكنها لا تنمو فتعطى الكثير من الحيوانات الميكرووية إلا فى حضرة الأكسيجين . لهذا لا يكفى الغلى الذى كفى لتعقيم ماء الخميرة المسكر لتعقيم مستخلصات الحشيش الجاف التى استعملها پوشيه . أعنى اختصارا أنه فيما يختص بقبابات پوشيه كان الأكسيجين هو الشىء الأهم ، وجوده أو غيبته ، وليست الجراثيم ، وجودها أو غيبتها .

وكل هذه الصعوبات فى التعقيم ، تعقيم صنوف خاصة من المنقوعات والخلاصات ، لم تتضح طبيعتها إلا عام ١٨٧٠ . وكان ذلك نتيجة لجدل

آخر . كان النصير الأكبر لنظرية التناسل غير المتجانس الطبيب الإنجليزى بستيان ، وقد سبق ذكره . ووقف من الجانب الآخر منه بستور يعارضه ، وكان له حليف شديد الإيمان خبير ، هو عالم الفيزياء چون تندال John Tyndall[1] . ولست أريد الدخول فى تفاصيل هذا ، وإلا احتجت إلى باب بأكمله ، ولكن يكفى أن أقول إن بستيان غصب بستور وتندال على تغيير آرائهما فيما يتخذان من إجراءات لقتل كل أصل محتمل لكائن حى أن يكون . ومن هذا الوقت استخدمت للتعقيم درجات للحرارة أعلى من درجة غليان الماء . ودخلت إلى أدوات التعقيم حلة بابن Papins Digestor (صفحة ١٥٦) ، وتغير اسمها فصار أوتو كلاڤا Autoclave ، وصارت جزءاً راتباً من معامل علم الحياة ، ومن هذه المعامل انتقلت المستشفيات للتطهير ، ولهذا قد نسميها مِطْهرة .

ولقد كان فى الإمكان أن يسمع الناس روح « نيدم » تحتج على ما اتخذ البكتريولوچيون لأنفسهم من أساليب تطهير استتبوا عليها فى عام ١٨٨٠ . وإذاً لقالت إن أساليب عنيفة كهذه لا بد أنها عذبت ما فى النبات والحيوان من أصول حيوية ، برفعها إلى ما فوق درجة غليان الماء كثيراً ، أو حتى قليلا ، وأنها بذلك أتلفت هذه الأصول . ولكن صوت هذا الروح ما كان بالغاً أحداً ، أو مقنعاً أحداً ، فقد ولى الزمن الذى كان فيه الناس يقنعون بمعان مبهمة كهذه . وكان علم البكتيريا وعلم

---

(١) هو عالم الفيزياء الإنجليزى ، ولد عام ١٨٢٠ ومات عام ١٨٩٣ .

الكيمياء الحيوية ، كلاهما آخذاً فى إيضاح معانيه وتحديد مصطلحاته وما تنم عنه فى الذهن من صور . وما جاء آخر القرن التاسع عشر حتى فقدت تجارب بستور وتندال خطرها من حيث علاقتها بنظرية التولد الذاتى . ولكن بقى لها خطرها من حيث إنها كانت الأصل الثابت الذى بنى عليه علماء البكتيريا وعلماء الحياة الميكروويه أساليب للعمل راتبة فى معاملهم . واتبع العلماء ما اتبع بستور فى مقاله الأول عن التخمر المعطى حامض اللبن (صفحة ٣٢٠) ، وتعلموا منه كيف يفصلون ثم يزرعون سلالات نقية من الكائنات الميكروويه . وبهذا أمكنهم أن يخرجوا من أخلاط الميكروبات التى تنمو من تراب الهواء إذ يقذف به فى خلاصة تختمر كماء الخمير المسكر ، أن يخرجوا ميكروباً واحداً بطريقة حقن مناسبة . وبهذا اقترب العلماء فكادوا يرون ما أرتهم إياه الميكروسكوبات بعد ذلك من تلك الجراثيم الأولى ، على شتى أنواعها ، التى كان من عندها يبدأ التخمر أو يبدأ الفساد والتحلل . أو بعبارة أخرى إن تقدم أساليب التجريب ، وما استجد من تصورات فى علم البكتيريا ، غصبت كل مناصر للتولد الذاتى على ألا يعمم فى القول ، وأن يخصص ، فيقول لنا أى من هذه الكائنات العضوية خالصة نقية هى التى جاز عليها التولد الذاتى أو يجوز . وبهذا تعسر حتى على روح « نيدم » أن تدعى أن أصلا حيوياً يستطيع أن يولد لنا من ماء الخميرة المسكر نوعاً من الأحياء ، بقطرات تقطرها فيه من سائل ، ثم هو نفسه يولد لنا من نفس ماء الخميرة هذا ، نوعاً من أحياء أخرى بقطرات تقطرها فيه من سائل آخر . والمواد الزلالية التى جاءت من الخميرة ، أو من اللحم ، أو من الحشيش المجفف ،

أو من أى شىء يقبل التخمر أو يقبل الفساد والتحلل ، ما كان يمكن تصورها إلا « غذاء للخمائر » لا « الخمائر » نفسها . وهذه هى كلمات بستور نفسها .

إن النتائج التى خلصنا إليها من هذا الاستعراض تقع اليوم من البداهة بحيث إننا نقبلها دون أى اعتراض . وهى قد جرت فى فكر الرجل العادى ، فلا يجد اليوم أحد فيها شبهة أى شبهة . ولكن هذا يفوت علينا كثيراً أن ندرك الصعوبات التى تقوم عن ربط صور الإنسان الذهنية بنتائج التجارب العملية فى علم كعلم الأحياء التجريبى . وبهذا التفويت يضيع ما فى هذه القصة من قيمة . إن دراسة تاريخ هذه النظرية ، نظرية التولد الذاتى ، وإعادة دراسته ، عمل نافع يدرك منه المتأمل كيف وقع فى ظواهر التخمر ، أن أفكاراً مبهمة من أفكار الناس السائدة انقلبت رويداً رويداً حتى صارت أفكاراً علمية وصوراً من صور العلم ذهنية . وأن يدرك أن طريق هذا الانقلاب لم يكن بالطريق السوى ، وأنه ما أكثر ما التوى . وأن يدرك الصعوبات التى تصحب كل محاولة تمس فكرة أو أفكاراً فى سواد الناس شائعة ، يحيطها الكثير المبهم مما لا يرتضيه منطق ، لتصوغها صياغة جديدة ، أكثر منطقاً ، وأقل إبهاماً ، وأكثر ارتباطاً بنتائج التجارب التى تجرى فى معمل أو حقل . إن الأسماء التى استخدمناها ، من « كائنات حية » ومن « أصول سوابق للكائنات الميكروويية » ومن « جراثيم »، كل هذه اقتبست أسماء لمعان تجرى فى أفكار السواد من الناس ، وكل منها يعتمد عند الناس على عمد نفسية وأخرى اجتماعية. وهى لا تصبح صوراً فى الذهن علمية إلا ببطء شديد

ومن بعد عمل شاق كثير .

ونحن إذا واصلنا رواية هذه القصة إلى هذا العصر الحاضر لوجدنا أن أمثال هذه المتاعب القديمة ما زالت قائمة تعكر صفو العامل الذى يعمل فى علم الحياة ، من بحث وتطبيق . فهو اليوم يتساءل ما الڤيروس Virus[١] أشىء حى هو أم غير حى ؟ والناقلات الأمراض ، هل هى أسباب للأمراض ، وهل هى أسباب كافية ؟ فإن لم تكن كافية فما هى « المتغيرات » الأخرى التى بحضورها يتم وقوع المرض ، وفى غيبتها لا يقع ؟ وهكذا ، من أسئلة لا تكاد تُحصر ، لو أنا تابعناها لدخلت بنا إلى معامل علم الأحياء ، ومحطات التجارب الزراعية ، ومدارس الطب والمستشفيات وعديد من المعاهد المتخصصة فى هذه الأمور وأشباه لها . نحن إذا دخلنا هذه المعامل والمحطات والهيئات لوجدنا أبحاثاً جارية ما كانت تخطر من بستور على بال ، ولكن لوجدنا أساليب للعمل وطرزا للفكر هى فى جوهرها أساليب عمله وطرز فكره . وإذا نحن التقينا فى هذه المعامل والمعاهد بعبقرية دفاعة ، إذاً لوجدنا فيها من الفروض والنظريات الجريئة ، ومن التأثر بماضى الفكر (وقد كدت أقول الهوى العلمى والتعصب) ، مثلما وجدنا فى عبقرية بستور .

بقى أن يسأل السائل : فما بال أصل كل هذه الكائنات الحية ؟ فإذا هى لم تتولد من ذات نفسها ، فكيف بدأت كل هذه الكائنات من نباتات وحيوانات ، صغيرها وكبيرها ؟ وللإجابة عن هذا السؤال ، أو

---

(١) الڤيروس كلمة لاتينية بمعنى السم ، وهى فى الطب السم أو أسباب العدوى التى تدخل الجسم فتمرضه . مثال ذلك ڤيروس الجدرى .

على الأقل للنهوض محاولين إجابته ، يجب علينا أن ندرس طرائقنا فى درس ما وقع فى الماضى ، فى تلك الأزمنة الطويلة الخالية . إن أحداً لا يستطيع عقلا أن ينكر قاطعاً أن التولد الذاتى جارٍ اليوم على هذه الأرض ، ولكن الذى نستطيع أن نقوله بحق إنه ليس من ظاهرة درست إلا وتفسرت بالنظرية التى تقول إن لكل حى أصلا حياً سبقه ، وأنه منه خرج ، وتفسرت خيراً مما تفسرت بأية فكرة أخرى ، وخيراً كثيراً . أما عن دراسة ما وقع فى الماضى البعيد فسأفرغ له الباب التالى ، وفيه نستعرض بعض ما تم من تقدم فى العلم فى هذه الناحية ، وكذلك نستعرض ما قام فى سبيل ذلك من عقبات .

الباب العاشر

دراسة الماضى

ذكر أحد الكتاب الحديثين ، فى نشأة الآراء العلمية أنه كان فى تاريخ العلم الحديث ثورات ثلاث : الثورة الكوبرنيكية Copernican ، والثورة النيوتونية Newtonian ، والثورة الدروينية Darwinian . ولعل القارىء يذكر أنى إلى الآن لم أشر إلا قليلا ، أو لم أشر أصلا ، إلى حوادث العلم هذه الثلاث الكبرى . ولن أشير إلى إياها فى الذى بقى من صفحات . والسبب ظاهر . فهذا الكتاب لا يختص بدرس آثار الآراء العلمية فى عقول أهل الغرب ، ولكنه يختص على الأرجح بالمناهج التى استنها العلم التجريبى فى الثلاثة القرون الماضية ، أما القراء الذين يُعنون بتاريخ النظريات العلمية ، وعلاقتها بآراء الناس المتغيرة ، فى أصل الدنيا وأصل سكانها ، فهؤلاء أحيلهم إلى كتب حديثة تتناول هذه الموضوعات ، مثل كتاب « نمو الآراء العلمية » لصاحبه ويتمان Wightman's The Growth of Scientific Ideas ، ومثل كتاب « أصول العلم الحديث » لصاحبه بترفيلد Butterfield's The Origin of Modern Science ومثل كتاب « العلم والدنيا الحديثة » لصاحبه هوايتهد Whitehead's Science and the Modern World

ومع هذا فإنى فى هذا الباب سأقترب حتى أكاد أطلّ على تلك

المنطقة من الفكر التى يجتمع عندها اللاهوت والفلسفة والعلم . لأنى أعتزم أن أتناول فى اختصار بعض تلك المسائل الخاصة التى تعرض عندما يتحدث العلماء وأهل الدراسات عن الماضى البعيد . وعلى الأخص سأتناول بالفحص طرائق علم الجيولوچيا (أى علم الأرض) وعلم البلينتولوچيا Paleontology (أى علم الأحياء المستحجرة أو الحفريات) ، وما سلم به علماؤها من فروض ونظريات أساسية ، مضافاً إلى هذا نظرة عاجلة فى مسائل علم الكون cosmology العامة . والحق أنه فى هذه الحقول الثلاثة من حقول الفكر ، وقعت فى المائة من الأعوام الماضية وقائع ، واستجدّت آراء كان لها أثر بالغ فى نظرة المسيحى المثقف إلى الكون عامة، وإلى العيش والحياة ، بل أزيد فأقول إنه لا جدّة اليوم يحسها فى القديم من نظريات النشوء وجديدها ، وإن رجال اللاهوت واللا أدريين (الذين لا يعتقدون بكفاية العقل فى استكناه ما وراء الطبيعة[1]) يختصمون اليوم إعلاناً ويعتركون اعتراكاً عنيفاً فى سبيل تفسيرهم آراء العلماء ، من علماء نفس، إلى علماء أجناس وسلالات بشرية، إلى علماء اجتماع ، هذا ولم يمض غير خمسين عاماً على الحال التى اضطرت « أندرو هوايت » Andrew White ، أول رئيس لجامعة كورنل Cornell ، إلى كتابة كتابه التاريخى المسمى « الحرب بين العلم واللاهوت » The Warfare of Science & Theology. وهو كتاب كبير فى جزأين . وقد قال « هويت » فى مقدمة كتابه هذا : إنه ضاق ذرعاً بكثرة ما أقيم فى سبيل إنشاء جامعته الجديدة من عقبات ، وما اعترضها به المحافظون من البروتستانت من

(١) انظر هامش صفحة ٦١ .

اعتراضات ، فلم يسعه إلا أن يضرب ضربته ، وأن يضرب بها شديدة دفاعاً عن حرية البحث العلمى . وما زال كتابه يستأهل القراءة لأكثر من سبب . ولكنى أشرت إليه هنا خاصّة لأن المتصفح له يدرك توًّا أن الخصومات قامت على الأكثر حول الماضى وتفسير وقائعه . واحتشد المتخاصمون ، فكان على أحد الجانبين رجال اللاهوت المحافظون ، وكان على الجانب الآخر العلماء من أصحاب النظريات الحديثة فى أصل هذه الأرض ، ومعهم علماء التاريخ والدارسون له ممن جاءوا بطرق النقد التاريخى يطبقونها على كل وثيقة وكل كتاب قديم عتيق . وظاهر طبعاً أن الإنسان ، حتى لو اقتصر على بحث ما اتبع هؤلاء الدارسون القدماء من طرائق ، فهو لا بد مقترب ،رضى أو لم يرض ، من أرض سلاحها ما يتسلح به المتعصبون من بغضاء وأهواء يدفعون به عن رأى لا يبغون عنه تحولا .

إنى ما بقيت فى حظيرة الكيمياء والطبيعة ، أى الفيزياء ، وحظيرة علم الأحياء التجريبى ، فأنا آمن من الإساءة إلى أحد ، إلا القليل ، لاسيا وقد دخلت هذه الحظائر دخول المحتاط الحذر. وكل دُجماطيقى[1] ، كل ذى عقيدة ، من قرائى لا يبغى عن عقيدته حتى بالمنطق بديلا، يستطيع أن يجد عقيدته فيما قلت وما وضعت بتغيير فى القول أو الوصف جد يسير . مثال ذلك أن قوماً يعتقدون أن الذرة ،وأن الجزىء ،وأن الچين[2]

(١) الدجما هو لفظ إغريقى يعنى به الفلاسفة الرأى أو العقيدة تفرض بقوة السلطان ، كقوة الكنيسة ، وعكسها الرأى الذى يأتى من الفكر أو من الخبرة والتجربة اختيارا.

(٢) الچين والجمع جينات . وهى من أصل يونانى يتصل بمعنى الولادة والأجناس . ولتفسيره يرجع المرء إلى كل حى ، من نبات وحيوان ، فيجد أنه يبدأ من خلية واحدة تنقسم=

(وحدة التناسل) ، كلها وقائع لا مرية فيها ولا فى وجودها . فهؤلاء سوف يضايقهم بعض الشىء أنى لا أعترف لهذه الأسماء بأكثر من أنها أسماء لصور ذهنية فرضية . وهم قادرون على أن يوفقوا بين يقينهم وتشككى . وأمثال هؤلاء القراء سيوافقوننى على أنه من النافع لمن يريد أن يفهم العمليات التى بها ينشأ الجديد من الآراء، وبها تُبتدع التجارب لتمحن، أن يتقمصوا إلى حين مزاج هؤلاء البحاث عند ما بدأوا فرضهم فى شك كثير ، وبدأوه شيئاً مؤقتاً ، ثم هو استحال من بعد ذلك إلى شىء ثابت مستقر . ومن الجانب الآخر ، جانب قرائى من اللاهوتيين ، هؤلاء الذين يعتقدون أن حكاية العلم عن الكون حكاية ناقصة قاصرة . فهؤلاء لا بد مرحّبون بالذى عندى من شك ، وإعوازى الدجماطيقية أن يكون لها فى مزاجى موضع . واختصاراً أحسب أن بحثى المنهجىّ الذى استعرضته فيما مضى من أبواب هذا الكتاب ، على ما به من نقص سوف يُرضى كثيراً من أهل الفلسفة على اختلاف مذاهبهم ونحلهم . ولكن ذو مذهب واحد سوف لا يرضى ، ذلك الرجل النافر الناشز الذى يعتقد أن العلم كفيل بتفسير كل شىء . فهذا سوف يسوءه أكبر السوء إبائى أن أرضى لنفسى أن أكون دجماطيقياً فى العلاقة ما بين الحقيقة ومعناها ، وبين الصور

=فتنتج منها خليتان، تتقسمان وهلم جرا حتى يتم الجسم نموه . والخلية عند ما تنقسم، تنقسم نواتها ، وعندئذ يظهر فيها عصى تعرف بالكروموسومات . وفى خلية الرجل ٢٨ كروموسوما ، وفى خلية الصرصار ٣٤ وهلم جرا . وتنقسم الكروموسومات طولياً ، فتذهب بنفس هذه الأعداد إلى الخليتين الحادثتين . وفى الكروموسومة الواحدة حلقات غاية فى الصغر عدة ، هى الجينات . وفيها سر أوصاف الكائن الحى ووظائفه . وأى خلل أو نقص فيها يؤدى إلى خلل فى الكائن الحادث . فهى إذن خزائن الوجود الأولى .

الذهنية والمشروعات التصورية التى يبتدعها العلم . حتى مثل هذا الرجل يستطيع أن يكون معى كريماً فى خصومته ، ذلك لأن الموقف الذى وقفته وأشعت معناه ومغزاه فى الأبواب السالفة ، يمكن اعتباره أداة تعليمية بيداجوجية قليلة الضرر نسبياً .

ورجل ثالث ليس إلى رضائه من سبيل ، ذلك الذى يؤمن بمذهب المادية المنطقية[١] dialectical materialism . فهو لا شك سيحس بأن هذا الكتاب لا موضع له ، وما يجب أن يكون . وهذا الرجل إذ يرى ذلك يكون منسجماً مع سائر عقائده ، لاسيما إذا كان من ذلك النفر الذى تقيد برأى رسمى للاتحاد السوفيتى ، فنحن يجب أن نذكر أن من رسائل لينين الفلسفية الهامة ، رسالة كتبها عام ١٩٠٩ ، وكانت نقداً شديداً لشرح ماخ Mach[٢] لتصورات علم الطبيعة . وكان ماخ انتقد فى صرامة بعض ما كان شائعاً عند ذلك من فروض للعلم . وعدّوا نقده

---

(١) هى مادية كارل ماركس ، فهكذا هو سماها ، ليفرق بينها وبين المادية الكلاسيكية . ومنها فى نظرية المعرفة ، إن عملية المعرفة ليست ، كما فهم منها قديماً ، عملية يبقى فيها الشىء أو الموضوع ، موضوع المعرفة ، ثابتاً جامداً ، بينما الشخص ، كاسب المعرفة هو وحده الذى يتغير ويتعدل . وإنما هى عملية يعدل فيها الموضوع الشخص ، والشخص الموضوع ، فى سلسلة من التبادل لا تنتهى أبداً . ومن أجل هذا سميت منطقية ، أو نقاشية ، أو جدلية ، لأن النقاش والجدل فيها لا ينتهيان أبداً .

(٢) هو أرنست ماخ ، فيزيائى وعالم نفسانى . ولد عام ١٨٣٨ ومات عام ١٩١٦ . وتولى منصب أستاذية الطبيعة فى براج وفى فينا . وكانت له فلسفة مزج بها الفيزياء مزجاً غريباً وفيها رأى أن الحياة كلها إحساسات . وانتهى إلى أن كل ظواهر الحياة كلها ليست إلا ظواهر فيزيائية . والجزء حتى الذى أسميه « أنا » ، والجزء منك الذى أسميه « أنت » ، ليس له وجود منفصل عن سائرى وعن سائرك ، ولكنه معبر إلى حمل المشاعر الإحساسية .

هذا رجعياً لأنهم تخيلوا أنه به إنما يفتح الباب إما إلى مذهب الارتيابية (مذهب الشكاك) Skepticism[١] أو إلى المذهب التصورى Idealism[٢] . فالذى يريد أن يؤسس فلسفة على ما وجد القرن التاسع عشر من معرفة ، وجب عليه عندهم أن يأخذ هذه المعرفة بحذافيرها ، قاطعة حاسمة ، فهم لا يطيقون منه شكاً فيها أو تحويراً أو تعديلا لها .

إن أسلوبى فى تناول شئون العلم التجريبى ، والترفق والحذر اللذين اتبعتهما فى هذا الكتاب ، كلها جديرة بأن تأتلف وصنوف العقائد ، من فلسفية ودينية . ولكن إذا نحن فرضنا على أنفسنا الترفق والحذر فى العلم ، وألا نصدر فيه عن إيمان لا يطلب الدليل ولا يطيق البحث ، فيجب ألا نكون فى الفلسفة واللاهوت والتاريخ أقل ترفقاً وأقل حذراً . والشك والريبة والحيطة التى كانت شعارنا عند النظر فى نظريات العلم يجب أن تكون هى هى شعارنا عند النظر فى الوثائق الدينية . لهذا أرى أن هذا الباب قد يسىء إلى المقلد فى الدين كما يسىء إلى الرجل الذى يقول بالطبيعة[٣] ، وإلى ذلك الآخر الذى يقول بالمادة ، ثم هما يُصمان آذانهما

---

(١) المذهب الارتيابى هو المذهب الفلسفى الذى يشك فى أن الانسان فى استطاعته أن يعلم شيئاً . ولهذا المذهب طوائف وأول طوائفه أسسها بترو (٣٦٠ – ٢٧٠ قبل الميلاد) وهو قد علم أن المتناقضات أشياء ممكنة . وأن ليس فى المظاهر ما هو حق وما هو باطل . وأن الجمال وأن العدل لا يميزان شيئاً عن شىء ولا عملا عن عمل . وعلم أن الغاية من الفلسفة بال رائق وعقل مرتاح يكسبه الإنسان بالامتناع عن الحكم فى أى شىء .

(٢) المذهب التصورى هو المذهب الفلسفى الذى يرى أن كل الأشياء المادية ليست إلا تصورات فى أذهاننا ، وأنه لا شىء ولا وجود حق إلا أشخاصنا هذه التى تتصور ، وأنه لا عيش إلا تصورات .

(٣) مذهب الطبيعيين هو فى الفلسفة مذهب يقول بأن الطبيعة هى أصل كل شىء =

عن الاستماع إلى مناقضة فى مادة أو طبيعة . وهو مسىء لاشك إلى صنف آخر من الرجال ، فهو لن يترك لهم من القواعد التى يقيمون عليها فلسفة لحياتهم إلا القليل الضيق . لقد قيل حديثاً « إن المشكلة التى سيواجهها ما سوف يأتى من أجيال هى أن يحاولوا التوفيق بين العلم وبين الحكمة حتى تجمعهما روحية متسقة حية » . وليس منا من لا يوافق على هذا، ولكن قد نختلف جميعاً ، ونختلف شديداً ، عند ما ننظر فيما يحول دون هذا التوفيق من عقبات . وهذه العقبات لا توجد فى حقل الكيمياء أو حقل الطبيعة والفيزياء ، أو حقل علم الحياة التجريبىّ عامة . ولكن العقبات ستوجد فى سجل الماضى ، وفى الموضع الذى تحتله بعض الوثائق. إن الآراء التقليدية لكثير من رجال اللاهوت يجب أن تتسق والنتائج التى يخرج بها النقاد من دارسى الإنجيل والمؤرخون للدين . كذلك يجب التنسيق بين اللاهوت التقليدىّ وبين العلوم البيولوجية التى تبحث فى الماضى البعيد أو فى سلوك الرجل الفرد على ظهر هذه الأرض .

إن كل هذه العقبات يمكن تخطيها ، لا شك عندى فى هذا ، ولكن ليس بالشروط التى يعرضها بعض رجال الكنيسة من المحافظين . إننا لا نتخطاها ، فيما يبدو لى ، إلا إذا قمنا بفحص كل ما سجل ودوّن من أدلة اشتققنا منها المبادئ المسيحية أو اليهودية أو مبادئ أى دين آخر ، وأن نفحصه بنفس الجرأة التى يفحص بها الجرىء البالغ الجرأة

= ويجحد ما فوقها من قوة . وهو مذهب ينكر الثنائية التى هى المادة والفعل ويقول إن العقل صفة من صفات المادة . وهو مذهب كمذهب المادية ولكنه لا يشغل نفسه بالبحث فى جوهر المادة .

فى العلم أصل الإنسان وكيف تنشأ . ولن أطيل فى هذا الموضوع ، فالوفاء به يحتاج إلى باب آخر جديد خارج عن نهج هذا الكتاب خروجاً كبيراً . ويكفى أن أقول إنه ، تمهيداً للتوفيق المثمر الذى نرجوه ، لا بد أن نقف بأحكامنا ، فلا نقضى قضاء مبرماً فى شىء من هذا العقائد الدجماطيقية ، التى يعتنقها معتنقوها ولا يطلبون لها دليلا ، ولا يطيقون لها نقضاً ، سواء كانت هذه العقائد من عقائد العلم أو عقائد اللاهوت . إن الشك فى غير سخرية ، وعلى الحذر ، هو سبيل كثير من العقول ، على اختلافها ، إلى علم أو دين . ولا يمنع هذا السبيل سالكيه من اختلاف فى عقائدهم ، ولا اختلاف فى صيغ يصوغون بها حكمة روحية جاءت أهل الغرب من سكان الأرض من طرقات فى التاريخ متعددة .

إن دراسة الماضى تصل صاحبها بأرض حارب عليها رجال اللاهوت ورجال العرفان ورجال العلم معاً ، وهى فضلا عن ذلك تثير مشاكل لكل من يلح فى ألا تعتبر النظريات العلمية شيئاً أكثر من مشروعات تصوّرية نافعة مثمرة . إنى سبق أن شرحت كيف أن كثيراً من الآراء العلمية قد اختلطت أشد اختلاط بآراء الناس اليومية الدنيوية حتى ما يكاد المرء يفرق بين المعنيين ، معنى المشروع التصورى ومعنى الحقيقة الواقعة . ومن الآراء مابدأ فروضاً عامة افترضها العلم لغاية ، ثم صارت من بعد ذلك مشروعات تصورية أفاد بها العلم ومنها أثمر ، ثم إذا بها تصير عند الناس جميعاً مسلمات لا مرية فيها ، فكأنما هى أوصاف وقائع قائمة كائنة ، لا وقائع يحتمل أكثر احتمال أن تقوم وأن تكون . إن الناس يتحدثون فى ساعة يفتقدون فيها الدقة فى القول ، والحذر عند التعبير ، فيقولون إن من الحقائق « أننا

نعيش على كرة يحيطها بحر من هواء » ، وأن من الحقائق أن « الأرض تدور حول الشمس » ،وأن « المادة تتألف من ذرّات » : وأن « الكائنات الحية اليوم لا تنتج إلا من كائنات حية سبقتها ». ولكن ، لفهم العلم حق فهمه ، أرى أنه من المهم أن نفرق بين آراء نصوغها هكذا ، وبين حقائق كالتى نعبر عنها بقولنا «إن المضخة الماصة لا تستطيع أن ترفع الماء إلى أكثر من ٣٤ قدماً من سطح البحر ، وترفعه إلى ما دون ذلك عند شتى الارتفاعات على جبل » . وقولنا « إن أكسيد الزئبق الأحمر يعطى الزئبق والأكسيجين عند تسخينه » . ولكنا نتساءل : هل فى استطاعتنا أن نحذر هذا الحذر نفسه عند ما نتلقى نتائج يخرج بها بحاث الماضى ؟ وهل فى إمكاننا أن نستقبل بمثل هذه الريبة ما يخرج به علماء الچيولوچيا ، علماء الأرض ، وعلماء الحفريات؟ وإذا قلنا نعم ، فما بال نتائج يخرج بها المؤرخون وعلماء الآثار ؟

لإيضاح هذا نبدأ بمثل من أمثلة المعارف المتراكمة عند الناس على مر الدهر ، تلك التى تخرج بالتعريف عن نطاق العلم. وليكن هذا المثل واقعة من وقائع الماضى نشعر فى تأكد كثير أنها وقعت فى البضعة الآلاف من السنين الماضية. فهذا مثل من التاريخ المكتوب. ونحن إذ نتحدث عن هذا المثل من التاريخ المكتوب ، وعن أضراب كثيرة له ، نحس بالطبع والعادة أننا نتحدث عن حقائق وقعت . ولكن بالرجوع إلى حوادث التاريخ نجد أنها تختلف ، أو يظهر لنا أنها تختلف من بعض الوجوه عما أسميناه إلى الآن ، فى حذر ، حقائق . إنها تختلف عن حقائق يتلوها علينا الكيماوى والفيزيائى وعالم الأحياء بمقدار ما تختلف عبارة من يقول « إنى قضيت

الصيف فى مدينة كذا ، على ساحل البحر ، منذ خمس سنوات » عن عبارة من يقول « إن فى المطبخ مضخة ترفع الماء من البئر » .

إنك لا تستبين فرقاً بين العبارتين لأول وهلة ، وقد تقول إن كلتيهما جائز تحقيقها والخروج من بعد التحقيق بصحتها أو ببطلانها . ولكن ، انظر إلى إجراءات التحقيق فى كل ، ألا تجد بينها فرقاً ؟ إن العبارة الثانية تقترح على سامعها سبيل تحقيقها ، أن يدخل إلى المطبخ وأن يرفع الماء بالمضخة بيديه ، ففى هذا الإقناع كل الإقناع . وهى مثل للعبارة تتضمن حقيقة تؤدى طبيعتها إلى تحقيقها ، ورسم طريقة التحقيق واضحة ، وهى تحقق اليوم وتحقق غدا ، والذى يحققها أنا وأنت وكل أحد . وهى مثل لكل العبارات التى تتضمن الحقائق التى هى مجموعة المعارف العملية فى الحياة ، ومجموعة المعارف التى هى لحمة العلم وسداه ، فمن حقائق العلم أن أكسيد الزئبق الأحمر يعطى الزئبق والأكسيجين بنسب معينة إذا رفعت حرارته إلى درجة معينة . فهذا معنى يتضمن تعريفاً لمادة ، وهو قد رسم طريقة التثبت منه لمن شاء فى أى وقت فى المستقبل شاء .

ولكن انظر إلى العبارة الأولى « إنى قضيت الصيف ، فى مدينة كذا ، على ساحل البحر ، منذ خمس سنوات » ، إنها تقنع زيداً ، قائلها ؛ بسبب ثقة له فى ذاكرته . ولكن لإقناع عمرو بها يُحتاج إلى أمر أقل بساطة ، وأصعب إثباتاً ، من قولك فى الحالة الثانية « ادخل إلى المطبخ وانظر بنفسك » . إنا جميعاً نعلم أن فى ماضينا حقائق كثيرة وقعت ، ولكن لا دليل على وقوعها . كذلك به وقائع كثيرة تثبت بشهادة أفراد معينين أو قراءة سجلات خاصة بها . ولكن من الوقائع الكثير الذى نتشكك

فيه لضعف ذاكرتنا . فى هذه الحالة يسلك الإنسان إلى تحقيقها نفس الطريق الذى يسلكه لدى لجنة للتحقيق أو هيئة من المحلفين لإقناعها بحقيقة ليس عنده ظل من الشك فيها . ولكن فى هذه الحالة لا يكفى دليل للإثبات بسيط واحد . فلا بد هنا من تعدّد الأدلة التى تشير جميعها إلى هذه الحقيقة الواحدة ، تماماً كما يفعل المحامون فى المحاكم والمؤرخون فى بحوثهم ودراساتهم .

إن من العبارات التى تتصل بالماضى ما يتكشف عند الامتحان أنه الحق ، وما يتكشف أنه الباطل ، ومالا يتكشف حقه ولا بطلانه . وذو الشك والريبة يطلب دائماً من الأدلة أزيد مما يطلب القريب التصديق . ولكنا لا يساورنا شك على الأقل فى حقيقة ماضينا هذا القريب ، ذلك لأننا نثق فى ذاكرتنا ثقة هى فى عمومها صحيحة . ونحن نعلم ، بالطبع ، وبالحس العادى ، أن عبارة تتضمن وصف جزء كان لنا فى حادثة هى إما صادقة وإما كاذبة . ونشعر شعوراً غريزياً إنا نستطيع أن نعود بأنفسنا فى الزمن إلى الوراء ، إلى مسرح وقعت فيه هذه الحادثة . ذلك أن ذاكرتنا تستطيع أن تعود بعقارب الساعة إلى الوراء فتطلع بذلك مرّة أخرى على الحوادث الكبرى التى جرت بها أعمارنا وجرى عيشنا .

إنى عند ما بحثت أعمال العلم التجريبى عبرت عن شىء فقلت إنه « الفرض المحدود الميسر للعمل » ، وقصدت بذلك معنى مؤقتاً ينقلب بعد التحقيق حقيقة (صفحة ٨٦) . مثال ذلك أنى أرى زجاجة بها مسحوق أحمر ، فأصوغ لنفسى فرضاً محدوداً ميسراً لما بعده فأقول إنه أكسيد الزئبق الأحمر . ثم أجرى فى تحقيق هذا الفرض على ما سبق أن وصفت . وهذا

الفرض المحدود الميسر يختلف فى نظرى عن تلك الفروض الضخمة العامة الأخرى التى تلد من بعد ذلك المشروعات التصورية والنظريات . وإذا أنا لم أكن فرّقت هذه التفرقة بين المعنيين فيما سبق فقد والله خبت فيما قصدت إليه من إفهام دخائل العلم للقارىء . وأعود إلى الماضى ووقائعه فأقول إن عبارة تتضمن واقعة وقعت فى الماضى القريب هى أشبه شىء بعبارة تتضمن « فرضاً محدوداً ميسراً للعمل » كالذى نقول به فى العلم ، هذا مع اختلاف فى طريقة تحقيق الشيئين ، فى تاريخ وفى علم . ولن نستطيع أن نجمع فرضاً كهذا إلى فرض ثان إلى ثالث ، وهلم جرّا ، فنؤلف هذه الفروض المحدودة ، الميسرة ، لنصنع منها فرضاً ميسراً عاماً ، أو لنصنع منها ما هو أكبر ، مشروعاً تصورياً ضخماً . فمجموعة من هذه الفروض المحدودة لا تكوّن إلا قطعة من المعرفة التى تتألف منها خبرة الناس . وأنت تحتاج إلى أن تتدخل إلى مفردات هذه المعرفة بخيالك وتصورك لتخلق منها مشروعاً تصوريًّا يضمها فيقلبها إلى نسق علمى ، وبذلك تصبح علماً .

إن معارف التاريخ ليست فى حاجة إلى مشروعات تصورية كالتى يتطلبها العلم ما دام أن المؤرخ لا يهدف إلا إلى وصف الحوادث كما وقعت والرجل الشكاك قد يشك فى هذا الحادث أو ذاك لقلة ما يجد من أدلة على هذا أو ذاك ، ولكن ليس فى هذه الوقائع موضع لصحة مشروع تصورى أو بطلانه . وأنا هنا بالطبع لا أتعرض للتاريخ عند ما يبحث طرز الحوادث حين تتكرر ، ولا لتفسير القوى التى تحرك التاريخ كيف تعمل ، ولا للمسائل التى يثيرها المعنيون بفلسفة التاريخ . إنى لا أحسب أن هناك رجلا

قد اكتملت مداركه ، ينكر أنه كان بروما ، منذ ألفين من السنين أو نحوها ، رجال مثلنا ونساء . والتاريخ ، كما كتبه فى العادة كاتبوه ، لا يثير من النقاش مثل ذلك النقاش الذى أثرناه ونحن نبحث الصور الذهنية لمعنى السائل الحرارى ، ومعنى الذرات والجزيئات . ولهذا السبب أحس أن هناك فرقاً ذا بال بين العلم والتاريخ .

وقد أجد ، ممن يخالفوننى فيما أتوخاه من حذر عن حديثى فى العلم ، من يسرع فيقول لى : وكذلك العلم ، كان يجب أن يكون كالتاريخ ، لا نقاش فيه . فحقيقة المشروعات التصورية العلمية عندهم ، هى كحقائق التاريخ ، سواء بسواء . وتظهر خطورة هذا الموقف قريباً عند ما ندخل فى علم الأرض وعلم الحفريات . ولكن ، حتى هؤلاء الذين يعرّفون العلم بأنه مقصد غايته فهم الحقيقة ، لا يستطيعون أن ينكروا أنه جاء على العلم زمن ، قامت فيه مشروعات تصورية جاءت بالكثير من التجارب النافعة والملاحظات المفيدة ، وأثمرت الكثير من الثمر ، ثم ظهر من بعد ذلك بطلانها ، فوسمناها « بالخطأ » كتبناه واضحاً عريضاً على جبينها . ثم أين مثيل هذا فى البحوث التاريخية ؟ وقد يجاب على هذا بأن من مثيلات هذا ما يعمد إليه المؤرخون فيعيدون تصميم حقبة من التاريخ كما يحسبون أنها وقعت ، وأن هذا العمل هو مثل افتراض وجود سائل حرارى أو أثير يحمل الضوء — وكل من الفرضين الآن باطل ، إلا أنه نافع كأسلوب تعليم — . ولسنا ننكر أن المؤرخ المحترف قد يبلغ به احترافه أن يرى فيما يستجد من وقائع حوافز إلى استجداد غيرها ، وبذلك تتصل البحوث التاريخية وتمتد . ولكن القارىء العادى ، وكثيراً من الدارسين ، لا يهتمون

بما يكتب المؤرخون إلا لأنهم يحسون وهم يقرأونه أنه وصف صادق لوقائع سلفت . وإلا فما كان أيسر على هؤلاء أن يكتفوا بقراءة القصص والروايات . إنه ليس أيسر على إنسان يقرأ عن قيصر ، أن يتصور أنه كان مع قيصر قاعداً إلى جانبه ، وهو يعبر نهر الروبكون Rubicon[1] . والحق ، أنى لو سئلت رأياً فى التاريخ ، إذاً لقلت إن أكبر أهداف التاريخ أن يزيد علمنا بسلوك الناس فى مختلف الظروف . إنى ما زلت أذكر قولة شهيرة قالها علامة القرن السابع عشر ، جون سلدن John Selden[2] ، لخص فيها الأسباب التى تدعو إلى أن يكون التاريخ أوسط شيء فى برامج التعليم ، قال : « إن دراسة الماضى تكاد تزيد فى أعمارنا أعماراً حتى ليأتى وقت نحس فيه إنا عاشرنا الخلائق منذ بدأ الزمان » .

فإن صح تحليلى هذا لكل هذه الأمور ، إذاً لكان الخلاف بين الشكاك وبين الدجماطيقى ، ذى العقيدة التى لا يريد لها سنداً ولا يبغى عنها حولا ، فى حقل التاريخ ، خلافاً من نوع آخر غير الذى يكون بينهما فى حقل العلم . إن من الواضح البين احتمال الخطأ فيما يستنتجه الباحث من أدلة التاريخ . فميل الناس إلى العبث بهذه الأدلة ، وتزوير السجلات ، أو حتى سوء تفسير الماضى ، كل هذه ظواهر نراها تحدث أمام أعيننا كل يوم نحياه . يضاف إلى هذا ما نعلمه جميعاً من فعل الزمن

---

(١) هو نهر كان فى إيطاليا فى عهد الرومان عبره قيصر فدخل فى غير أرضه فلم يكن أمامه إلا الحرب . وهم يقولون عبر الروبكون عن الذى أتى أمرا فوجب عليه أن يواجه عواقبه .

(٢) رجل قانون إنجليزى ومؤلف ، ولد عام ١٥٨٤ ومات عام ١٦٦٤ . وسجن مراراً بسبب آرائه .

بالحوادث . إنه ما أسرع ما يذهب بوضوحها وبجلائها فلا تكتسب على مر السنين إلا انبهاماً . ونحن كلما ذهبنا إلى الوراء ببحوثنا التاريخية ، قرنا أو قرنين أو قروناً ، زاد عرفاننا به إبهاماً وقل ما فيه ثبوت (أنا هنا أستخدم « العرفان » بالمعنى الذى أحسه من اللفظ إذ أتحدث عن واقعة رأيتها غبّ وقوعها ، كأن تكون وقعت باشتراكى أنا فيها ، فى هذه الحجرة التى أكتب فيها ، منذ دقائق) .

قرأت لأحد الناس قولا يقارن فيه إدراكنا الماضى بإدراكنا لرقعة من الأرض بعيدة ، وهى مقارنة لا تخلو عندى من فائدة . تصور أنك واقف عند شاطئ بحيرة . وأن بالبحيرة جزيرة تراها على مدى بصرك . وأنك لا تستطيع إليها عبراً . وأردت أن تصفها . فأنت تأخذ تتأملها ، فتلاحظ شيئاًمما فيها ، ارتفاعاً هنا ، وانخفاضاً هناك ، فتعلم عن طوبوغرافيتها بعض الشيء . وقد ترى فيها خيالاسريعاً عابراً فتحسبه حيواناً أو إنساناً . وقد تسير على ساحل البحيرة لتطوق بنظرتك الجزيرة ، لتراها من أكثر من زاوية . وقد تستطيع مع كل هذه المصاعب أن ترسم للجزيرة خريطة تقريبية بالذى رأيت من أرضها . وتبقى هذه الخريطة زماناً وهى خير ما يرجى من الجزيرة علمه . ثم يأتى زمن يتهيأ التليسكوب له فيه لناظر ، أعنى النظارة المقربة ، وبهذه النظارة يستطيع المراقب أن يزيد من عرفانه للجزيرة فوق ما عرفت أنت منها . وقد تتهيأ له من بعد ذلك طائرة يطير بها فوق الجزيرة العاصية ، فيرى منها ما يرى ، ثم يعود ويرسم لها خريطة طيبة ، يرسمها ولم تطأ رجلاه الجزيرة أبداً . كذلك حقائق التاريخ ، كان الكثير منها أول الأمر منبهما ، حتى جاء نقاد التاريخ وبحاثه ، والنابشون لسجلاته من قبورها . فهم

أخذوا يزيدون بما يجدون فى هذه السجلات علمنا ، وبما يرفعون عنه التراب من آثار ، فاتضحت لنا بعض حقائق التاريخ رويداً رويداً ، وجيلا من بعد جيل ، بسبب ما سُلط عليها من زوايا عدّة من أدلة كشفت عن شتى جوانبها . فهكذا هم فعلوا فى المائتين من الأعوام السالفة . ونحن اليوم ننظر إلى ما أعاد المؤرخون تصويره من حوادث التاريخ ، فيقل إيماننا بها أو يزيد تبعاً لما سلط عليها التاريخ من أدلة . ولقد تعوّد المؤرخون اليوم ، عند ما يكتبون للمؤرخين من زملائهم ، أن يذكروا أدلتهم ويذكروا مصادرها ، ويزنوها ليقدروها ، ويقدروا مكانها من احتمال خطأ واحتمال صواب. وتقرأ كتب التاريخ فلا تجد لما كتب علماء التاريخ ونقاده ذكرا ، ولا لما وزنوا وما قدروا . فلا تعرف لما تقرأ مكانة من خطأ أو صواب . وفى هذا يجد الدجماطيقيون مرتعهم ومراحهم ، فهم يريدون لقارىء هذه الكتب أن يقرأ ، وأن يؤمن ، وألا يسأل عن سبب إيمانه أصلا .

إنى مدرك أنه ما أسهل على المرء أن يعيب ، وأن يذكر الأخطاء ، وما أصعب عليه أن يجد للخطأ تصويباً ، أو للداء علاجاً . وأنا إذ أنظر فى أمر علاج هذا قد أرى من علاجه إضافة تعليقات وتفسيرات للنص فى أسفل الصفحات ، ولكن هذا إجراء مسئم مثبط لهمة القارىء أن يستمر فى قراءته ، سواء من الطلاب كان أو من الجمهور عامة ، وعلى كل حال فأظن أنه من المسموح لكاتب مثلى أن يسجل ما قد يراه من نقص فى روح النقد عند من يكتبون فى التاريخ لجمهرة الناس . مثال ذلك أنى لا أحسب أن لدينا علماً كاملا واضحاً عما كانت عليه أثينا

فى عهد سقراط ، أو روما فى عهد قيصر ، ومع هذا ندر أن يبين كاتبٌ ، وهو يكتب فى هذا للقارىء العادى ، ما فيما يكتب من حقائق ، وما فيما يكتب من ظنون . وإذا أدرنا وجهنا ناحية التاريخ الإكليريكى والتاريخ الكنسى ، إذاً لوجدنا الجدل فيها محتدماً عنيفاً بين رجل مزاجه الشاك ، ورجل مزاجه المحافظة على القديم . قال أحد الدارسين للنقد فى الشئون الإنجيلية يستعرض ما صنع بحاث مثله فى هذا الحقل : « إن التاريخ ليس علماً استنتاجياً كسائر العلوم ، وليس به قواعد تطبق فيه فتكشف عما فيه من حقائق وتكشف عما فيه من زيف . إنه توجد قواعد لكشف الخيال وما أدرّ من قصص ، ولكن هذا شىء آخر مختلف عما نقصد كل الاختلاف ، ومن أجل هذا لا غرابة فى أن نرى ، فى هذا العصر ، أكثر من رجل له أكثر من رأى فى قيمة إنجيل مرقص من حيث إنه وثيقة تاريخية » . ونحن نود لو أن المؤلفين الذين يكتبون التاريخ ، لا التاريخ الدينى وحده ، ولكن كل تاريخ ، لا سيما هذا الذى يهدف إلى تصوير حوادث وقعت قبل اليوم ببضعة آلاف من السنين ، نودّ لو أنهم نوّروا القارىء فذكروا له ما عند الدارسين للتاريخ فى هذا الأمر من اختلاف فى النظر .

حول أهداف الجيولوجيا

إن فى كتاب كهذا ، كتب فى العلم الحديث ، لا يستطيع كاتبه أن يفرد صفحات كثيرة لغيره من صنوف العرفان . وإنى بعد ما وصفت الذى يقع فى قلب الشكاك من ريبة ، وهو يقرأ كتب التاريخ — لا سيما

الكتب التى يكتبها المتحزبون ، بالذى تحتويه من عواطف تأبى إلا أن تنعطف فتميل — ، أودّ لو أتجه إلى ما يضعه علماء الأرض وعلماء حفرياتها لأنظر فيما يفترضون من فروض ، وما يتبعون من طرق ، إن الذى يقرأ تاريخ الچيولوچيا ، تاريخ علم الأرض ، من غير علمائه والدراسين له ، لا يلبث أن يدرك أن علماء هذا العلم استهدفوا فى دراسة القشرة الأرضية هدفين . أما الهدف الأول فتصور ما حصل فى تلك الأزمان البعيدة الخالية ، ثم إعادة بنائه قصة متصلة ما أمكن فى الخيال . وهذا الهدف يجعل من الچيولوچيا شيئاً أشبه بالذراع يخرج من جسم التاريخ ممتداً فى الزمن إلى الوراء ، هذا مع اختلاف ظاهر . فالأحقاب الچيولوچية أكثر تباعداً من حقب التاريخ ، والصور مچيولوچية أكثر انبهاماً . وأما الهدف الثانى فقد ظهر فى رغبة الچيولوچيين فى اتباع ما اعتاده أهل العلم من تقسيم ، وربط ما وجدوا فى ماضى الأرض بالذى يجدون فى حاضرها ، وابتداع النظريات التى تعين أهل هذا العلم على زيادة الإنتاج والإثمار . وهنا هم يقتربون على ما يتراءى لنا من علم الحياة التنسيقى Systematic biology أشد اقتراب ، سوى أن الصور الذهنية اللازمة للتقسيم هنا تعتمد على وحدات من الزمن بالغة المدى . وهنا نتساءل : هذه النظريات التى يصنعها الچيولوچيون ، أنعدها صوراً من الصور التى يتصورها المؤرخون لإعادة بناء الماضى ، وبناء أحداثه ، علماً بأنها فى الچيولوچيا صور يحيطها شىء من الشك كثير ، أم نعدها مشروعات تصورية نحكم على قيمتها بمقدارما تعين هذا العلم فى الانتاج والإثمار ؟

أنه لا شك فى أن المؤلفين الچيولوچيين عند ما يكتبون للطلاب

البادئين ، وللقراء عامة ، يكتبون فى هذا العلم كما يكتب مؤلف التاريخ لقارئيه ، أحداثاً يتلو بعضها بعضاً . وإنى لأرجو ألا أغضب أصحابى الچيولوچيين إذا أنا قلت إن كتابة علم الأرض على مثل هذا الأسلوب التاريخى مضلل لقارئه من غير الچيولوچيين أى تضليل . ولو أن حقبة من التاريخ الإنسانى ، بها من الشك أو عدم الثبوت ، ما ببعض النظريات الچيولوچية ، إذا ما استساغ السواد من الناس أن يقرأوا عنها قصة متصلة كأنما وقعت وقائعها من غير ريب . إن التاريخ لو أنه امتلأ بما تمتلىء به الچيولوچيا من فجوات فى المعارف وفراغات ، ومن تشككات وارتيابات ، ما تجمع له من حوادث السنين المتصلة ما يأذن باصطناع الفروض واصطناع النظريات ، كما يجرى فى سائر العلوم . إن الچيولوچيا ، كما تتراءى لى ، علم أقرب إلى علم الأحياء منه إلى التاريخ ، وأقرب كثيراً . ومناهجه أشبه بمناهج الفيزياء ومناهج الكيمياء . بل إنى لأستطيع أن أخرج من هذا العلم عدداً من قواعده العامة الهامة التى خرج بها العلم منذ عام ١٨٠٠ وأدرسها وأحللها بمثل ما درست وحللت معنى الجو ، ونظرية الفلوجستون ، والسائل الحرارى ، والنظرية الذرية ، وما إليها .

إن المشروعات التصورية التى ابتدأ بها الچيولوچيون تغيرت وتحوّرت فى خلال الخمسين والمائة سنة الأخيرة ، على مثال ما تغيرت نظائرها فى العلوم التجريبية . ولكن لولا هذه المشروعات التصورية لبقى علم الچيولوچيا إلى اليوم حقائق مبعثرة ، مما تأتى به الخبرة والفطرة ، لا رابطة بينها . ولقد كانت هذه المشروعات التصورية ، هذه الفروض والنظريات ، مثمرة لا شك فى هذا . وقد كانت فى الچيولوچيا ، كما كانت نظائرها فى الفيزياء

والكيمياء وعلم الأحياء ، مثمرة ، ليس فقط من حيث إنها زادت للحقائق العلمية كشفاً ، بل ذلك من حيث إنها هبطت بالقدر الكبير من الخبرة البدائية التى صحبت مجهود الباحث عن المعادن فى الأرض ، وعن الفحوم ، وعن زيوتها المعدنية . وفى هذا القرن لا يقاس نجاح النظريات الجيولوجية بالذى يجرى فى الحقول وحده ، بل هو كذلك يقاس بالذى يجرى فى المعامل والمختبرات . والكثير مما يجرى فى الحقل صار اليوم فى جوهره أرصاداً طبيعية فيزياائية كتقدير ثوابت الجاذبية الأرضية واختلافها من موضع فى الحقل لموضع ، وكقياس سرعة موجات من الهزات يصطنعها الباحث فى القشرة الأرضية اصطناعاً ، ومن اختلافها يدرك ما اختلف من تراكيب القشرة وما احتوت من ركائز . والأصول التى خرجت منها الصور الذهنية والمشروعات التصورية فى علم الأرض هى نفس الأصول التى خرجت منها فى سائر العلوم الطبيعية . آراء تظنية ، تتبعها استنتاجات واستدلالات ، يتبعها فرض عام يربط هذه النتائج جميعاً .

كتب كارل فون تستل Karl von Zittel كتابه « تاريخ الجيولوجيا وعلم الحفريات History of Geology & Paleontology ، فى أول هذا القرن ، وفيه تحدث عن « عصر البطولة فى «علم الجيولوجيا» ، وجعله العصر الواقع بين عام ١٧٩٠ وعام ١٨٢٠ . ووصف العصر بأنه العصر الذى أعرض عن الظنون فى هذا العلم ، واتجه إلى الحقل وإلى المعمل يبحث فى جهد كبير عن حقائق ، ولا شىء غير الحقائق . وهذه النظرة الجديدة ، نظرة ذلك العهد ، جدّدت شباب هذا العلم . وكتب

---

(١) عالم حفريات ألمانى : ولد عام ١٨٣٩ ومات عام ١٩٠٤ .

السير شارلس ليبل Sir Charles Lyell[١] كتابه الشهير « مبادىء الچيولوچيا » Principles of Geology ، وفيه وضع هذا العصر الانقلابى فى تاريخ الچيولوچيا فى زمن متأخر عن ذاك قليلا . وهو يتحدث عن الأثر الذى كان لتأسيس الجمعية الچيولوچية Geological Society ، ويشير فى طبعة ١٨٧٣ إلى مثل ما أشار إليه المؤلف الألمانى من سوء الظن بمعالجة هذا العلم بالظنون . قال :

« إن الخصومة بين الفلكانيين Vulcanists والنبتيونيين Neptunists بلغت حداً جعل من هذه الأسماء هدفاً للوم . فقد شغلت الفريقين عن البحث عن الحقيقة بالبحث عن صنوف من الجدل يزيدهم فيما هم فيه قوة ، ويزيد خصومهم ضعفاً وعنتاً . ونشأت أخيراً مدرسة للفكر جديدة رائدها الحيدة كل الحيدة ، والإغضاء عن كلا الحزبين . . . وجعلت ديدنها البحث عن حقائق ونتائج. وكان من أثر ما غلا هذان الحزبان أنْ كانت صفة العهد الجديد الكبرى الحذر غاية الحذر . . .

وغالى رجال العهد الجديد بعض المغالاة فى اطراح النظريات ، وترك اصطناعها ، ومع هذا فلم يكن أقمن لهذا العهد بعد الذى كان ، ولا أكثر سلاماً ، من وقف كل محاولة تهدف إلى صياغة ما كان يسمى فى ذلك الزمان بنظريات الأرض . وكان العلم فى حاجة كبيرة إلى قدر

---

(١) هو چيولوچى إنجليزى ، ولد عام ١٧٩٧ ومات عام ١٨٧٥ . كان أستاذاً بكلية الملك بلندن .

(٢) الفلكانيون والنبتيونيون طائفتان قديمتان فى علم الچيولوچيا متعارضتان. الأولى ترى أن طبقات الأرض تكونت ووسيلتها انصهار الصخور من أحداث بركانية . والثانية ترى أنها إنما جاءت ووسيلتها الماء ، وفلكان إله النار عند الرومان ، ونبتيون إله البحر .

عظيم من الحقائق . فقامت الجمعية الچيولوچية بلندن ، وكانت تأسست عام ١٨٠٧ ، فشجعت على هذه الغاية . واستهدفوا جمع كل ما يمكن جمعه من معلومات ، وتركوا من يستنتج منها إلى زمن يأتى بعد ذلك . وكانت عقيدتهم أن الوقت لم يحن بعد لاستنباط نظام چيولوچى عام ، وأن الخير فى أن يقنع الجميع لسنوات تأتى بالجمع لهذا النظام المنتظر . والتزموا بما اعتقدوا فلم يحيدوا عنه ، فلم تمض على ذلك غير سنوات حتى ذهبت الأهواء ، وعاد إلى العلم أمنه ، فقد كان يعد من يتابع هذا العلم فى خطر من خصومه ، أو على الأقل رجلا يجرى وراء الخيال » .

إن الجزء الأخير من القرن الثامن عشر ، والأيام الأولى من القرن التاسع عشر ، صرفها المتخاصمون من الچيولوچيين ، من كلتا المدرستين ، فى نزاع عنيف ، ذاك الذى أشار إليه السير شارلس ليبل . أما النبتيونيون فقالوا بأن الصخور ترسب على ظهر الأرض طبقات من الوحل ، وذلك من أقيانوس مائى عظيم غطىّ فى أول أمره الأرض كلها . وأما الفلكانيون فرأوا فيما تصنع البراكين فى عهدهم مثلاً من القوى التى فعلت قديماً فى سطح الكرة ، وأنه إليها يعزى ما يرى من أشكال جمدت عليها الأرض . وقد كان من حق خلاف عنيف كهذا ، بين رأيين ، أن يفرد له فى تاريخ هذا العلم باباً . ولكن الحقيقة هى ما قالها « فون تستل » ، وقالها « ليبل » ، تلك أن علم الأرض لم يبدأ ليكون علماً إلا عند ما بدأت تلعب الآراء فيما تجمع عند العلماء من حقائق ، فخرجت من ذلك فروض نظرية عامة نافعة أدّت بعمليات متسلسلة من عمليات العقل والمنطق ، كالتى استخدمت فى الكيمياء وفى الطبيعة ، إلى ما يمكن أن

يتنبأ به المتنبئ فيما يوجد فى الحقل عند العيان (انظر الباب الثالث) .

إن ما صنعه وليم سميث William Smith [١] بإنجلترا فى ختام القرن الثامن عشر مثل طيب للجمع بين النظرية وبين حقائق الفردية لدراسة القشرة الأرضية . هذا الرجل كانت مهنته الهندسة ، ولكن هوايته الچيولوچيا ، وكان أول من صنف ورتب طبقات الأرض بإنجلترا بناء على ما بها من معدنيات ومن حفريات . والخريطة الطبقية هذه التى رسمها لإنجلترا تمثل خطوة خطتها الچيولوچيا فى سبيل كينونتها علماً . ثم هو من بعد ذلك استخدم هذه الخريطة ليتنبأ بواسطتها لطبقات الأرض التى يجدها من بعد ذلك أيها الأسبق موضعاً وأيها الأحدث ، وما الذى ينتظر أن يكون بها من حفريات . وكان مشروعه هذا الذى ابتدع مثمراً فى إيجاد حقائق غير ما كان وجد ، وفى تصنيف هذه الحقائق جميعاً ، قديمها والحديث ، وتبويبها . واختصاراً هذا النظام الطبقى الذى ابتدعه سميث فيه كل ما لا بد أن ينعت به المرء الفكرة لتكون مشروعاً تصوريا علمياً ، فرضاً كان أو نظرية .

وما كان أحد يستطيع أن يطلب إلى سميث ، أو إلى أى چيولوچى آخر ، أن يعتبر آراءه هذه محض افتراض نظرى لا يرتبط بالذى حدث

---

(١) وليم سميث ، هو أبو الجيولوجيا الإنجليزية ، ولد عام ١٧٦٩ ومات عام ١٨٣٩ . بدأ حياته مساحاً للأرض ، ثم مهندس مناجم ، وقاده ذلك إلى دراسة الجيولوجيا . واقتنع بأن كل طبقة من الأرض لها حفرياتها الخاصة بها . ورسم خريطة جيولوجية كاملة ملونة لإنجلترا وويلز قدمها لجمعية الفنون . وأخيراً وقع فى أزمة مالية اضطرته إلى بيع مجموعته الجيولوجية فباعها للمتحف البريطانى بلندن . وعلى أثر ذلك رتبت له الحكومة معاشاً سنوياً .

فعلا فى ماضى الأرض . إذاً لطلب المستحيل . إنه جاء وقت على الكيماويين يئسوا فيه من الذرات أن تكون حقائق واقعة ، وقد رأينا (صفحة ٢٨٧) كيف جاء عليهم وقت كادوا يطرحون فيه النظرية الذرّية ، محتفظين بجزء منها ، لا لقصد إلا لسهولة الحساب . ولقد اختلف الچيولوچيون على مرّ العصور فى تقدير هذه النظرية الچيولوچية أو تلك ، واختلفت حظوظ هذه النظريات من نصرتهم حيناً بعد حين ، ولكن لم يختلف أحد من الچيولوچيين فى حقيقة الطبقات التى يغطى بها سطح الأرض ، وحقيقة تتابعها لمدى فى الدهر طويل . ولم يكد يوجد چيولوچى واحد ، ذو مكانة ، لم يؤمن بأن فى الإمكان الكشف عن ترتيب زمنى لأحداث وقعت فى القشرة الأرضية جعلتها هى ما هى الآن . وهذا إيمان يأتلف وإيمان الطبع وإيمان الفطرة والمعقول بداهة فى الأمور . إنه لا يكاد يوجد رجل ذو عقل يشك فى وجود دنيا لها أبعاد ثلاثة ، وفى وجود قوم آخرين غير قومه ، وكذلك لا يكاد يوجد رجل ذو عقل يشك فى أن للأرض ماضياً . وإذاً جاز للمرء إما أن يتظنن الظنون عن ماضى هذه الأرض ، أو يحاول أن يجد الدليل أو الأدلة على هذا الماضى البعيد . والرأى الباده ، كالمنهج العلمى ، كلاهما يتطلب أن يدخل عنصر الزمن عنصراً أصيلا فى أية صورة ذهنية ، أو نظرية ، تحاول أن تصور ما حدث فى هذا الزمان العتيق .

كلنا يعلم أن من العقبات التى قامت فى نشأة علم الأرض الأولى الاعتقاد السائد فى الأمم المسيحية أنه لا بد من تفسير قصة الخلق التى جاءت بالعهد القديم ، أعنى التوراة ، تفسيراً حرفياً . وقام رئيس الأساقفة

أشر Usher [١]، فى القرن السابع عشر، يحسب تاريخاً بدأت فيه الخليقة فجعله ٤٠٠٤ من الأعوام قبل الميلاد . وصدق الناس ما قال . صدّقه رجال ذوو معرفة وذوو فطنة ، وظلوا يصدقونه إلى الجزء الأول من القرن التاسع عشر . وقام الچيولوچيون يجمعون الحفريات من الأرض أول جامعين ، وربط الكثير منهم بين ما وجدوا من آثار هذه الحيوانات وبين قصة الطوفان ، ولم يكونوا هازلين . وسادت العقيدة بين الناس فى أوائل القرن الثامن عشر ، بأن هذه البقايا إن هى إلا بقايا حيوانات مضت ، ولكن كثيراً ما اتخذها الناس دليلا على ما كان فى الأرض من طوفان ، مصداقاً لما جاء بالإنجيل . إن فى هذا الحقل من حقول العلم اشتبكت الآراء الأولى اشتباكاً كبيراً بالتعاليم الدينية .

وحتى اليوم يستطيع الشكاك أن يلح فى شكه فيما يختص بحقيقة الحفريات ، وأن يجابه به علماءها . ولكنه لا يلبث أن يلقى منهم جواباً كهذا : إن هذه الحفريات لا شك بقايا مما خلفت حيوانات ونباتات عاشت فى قديم الزمان ، يدل على ذلك أن من هذه البقايا ما تتمثل فيه أحياء تعيش فى دنيانا هذه اليوم ، وهى شبيهة ببقايا من حيواناتنا ونباتاتنا لم ترسب فى طبقات الرمل والطين إلا حديثاً . ويدل عليه كذلك الاتصال المستمر القائم بين بقايا مما نعرف من أحياء ، وبقايا مما لم نعرف منها قط . وفى سبيل إقناع الشكاك يذكر العالم الحفرى له مثالا مما كشف العلم من ذلك : ذلك اكتشاف الكركدن ذى الصوف ، لحمه وشعره ،

---

(١) هو القس الأيرلندى الذى صار رئيس أساقفة أيرلندا أخيراً . ولد فى دبلن عام ١٥٨٠ ومات عام ١٦٥٦ . وكان واسع الاطلاع .

أو اكتشاف الماموث ، الفيل البائد ، فى البرارى الجليدية بسيبريا . وعندئذ لا يسعه أن ينكر ما لا بد أن يسلم به العقل السليم من أن هذه البقايا لا بد هى بقايا لحيوانات كانت تعيش فى هذه البرارى دهراً ما . وإذا هو سلم بهذا ، أمكن أن يؤخذ فى رفق من طبقة فى الأرض قديمة إلى طبقة أحدث ، حتى يأتى فى باطن الأرض على عظام من أحياء كالتى يجدها اليوم على ظهرها . وعندئذ لا يمكن أن يخالجه شك ، لاتصال هذه الظاهرة على القرون ، فى أحياء لا يجد أشباهها اليوم لا بد جاءت من أحياء انقرضت وعفى عليها الزمان .

وإذا أوتى هذا العالم الحفرىّ المزيد من الصبر ، إذاً لاستمر فى حديثه مع الشكاك يربط له ما بين طبقة من الأرض وبين ما وجد فيها من حفريات . وهو قد يأتى له بكثير من الأمثلة يرى منها أن طبقات الأرض العليا فيها الكثير من الأحياء التى لا تزال إلى اليوم حية فى الدنيا تسعى ، وأنه كلما تغلغل الباحث فى طبقات أعمق اختفت تلك الأحياء اختفاء يكاد يكون تدرجاً . فأى شىء يستنتج العقل الفطرى السليم من هذا ؟ يستنتج أن الطبقات التى على السطح هى التى رسبت أخيراً ، وأن الطبقات الأعمق هى التى رسبت أولا . فإذا كان قد حدث أن أنواع الحيوانات تغيرت على الأحقاب — طبيعة هذا التغيير مسألة أخرى — لنتج عن هذا أن تكون أحياء اليوم أكثر وروداً فى الطبقات العليا منها فى السفلى . وبجمع الكثير من المعلومات تتكاثر الأدلة على صحة هذا الفرض الذى اتخذه العلماء أساساً لدراسة الصخور الراسبة ، حتى لا يكون عند رجل ذى عدل فى حكمه أى ريبة فيه . حتى أكثر نقاد العلم حذراً ، والمتمهلين فى قبول

دعاواه أكبر التمهل ، لا يستطيعون إلا أن يسلموا بأنه ، على الرغم مما تضمنته نظرية الطبقات هذه من افتراضات كثيرة تعوزها الأسانيد ، فإن اطراد النتائج فى مواضع كثيرة من الأرض وتوافقها وتعزيزها جميعاً لهذه الافتراضات ، أعطى هذه الافتراضات أخيراً ما يعوزها من أسانيد فثبتت بذلك ثبوتاً لا يحتاج إلى مزيد من برهان .

ومع هذا فلم يكن سبيل هذا العلم أيسر من سبل جرت فيها علوم أخرى كالطبيعة وكالكيمياء . يوضح هذا مثل آخر نضربه بزيادة البحث فى النظريات الچيولوچية التى انبعثت فى ال ١٥٠ عاماً التى انقضت أخيراً . كان السير شارلس ليبل Lyell نصيراً قوياً للمبدأ المسمى فى الچيولوچيا « مذهب اطراد القوى » Uniformatarianism ، وهو المذهب الذى بدأه « هاتون » Hutton[1] . وهو فى سبيل ذلك كان يعارض كل المعارضة من يقول إنه لتفسير سطوح الأرض ، كيف تشكلت حتى صارت على ما هى عليه ، لا بد أن نتصور أن أحداثاً عارمة قاسية جائحة وقعت فى القشرة الأرضية فى الماضى البعيد ، أبعد ما تكون طبيعة عما نعرف اليوم من أحداث . وكان هذا ردّ فعل طبيعى لما سبق أن ذكرنا مما كان رجم به وتظنن الفلكانيون والنبتيونيون من قبل ذلك .

واتجه « ليبل » إلى الهواء يؤكد أثره فى التغييرات الأرضية ، ويؤكد

---

(١) هو جيمس هاتون الچيولوجى الاسكتلندى ، ولد فى أدنبره عام ١٧٢٦ ومات عام ١٧٩٧ . وهو صاحب المذهب الذى يقول بأن العمليات التى جرت فى سطح الأرض فغيرتها هى فى الماضى كما هى فى الحاضر . وصاحب النظرية الفلكانية التى تقول إن الانصهار النارى يفسر أكثر الظواهر الچيولوجية .

أثر الماء ، والترسب فى البحار والبحيرات ، وانبراء الصخر ، وكل فعل من أفعال القوى الطبيعية التى يلقاها الرجل اليوم فى الحقل . ويقول إنها تفعل اليوم، وإنها هى التى فعلت بالأمس. ولكنه غالى فى موقفه من إنكار التغيرات العنيفة المحتملة مغالاة صرفت عنه الچيولوچيين من بعد . كتب أحد رجال هذا العلم منذ قريب يقول : «إن مذهب اطّراد القوى ليس صحيحاً كله فى كل وقت ». ويزيد فيقول : « وعلينا أن نتمسك بمبدأ اطراد القوى ما وسعنا ذلك، وما اتسعت له ضمائرنا » والعلماء التجريبيون وقعوا فى مثل هذه المغالاة . من ذلك أن بستور غالى فى تبسيط العلاقة بين التخمر والحياة (صفحة ٣٢١) . ونحن إذا قرأنا اليوم فى كتاب فى الچيولوچيا شعبىّ « أن الصخور تصنع اليوم بنفس الطريقة التى صنعت بها منذ مئات الألوف من السنين » وآمنا بكل ما فى هذه الجملة من معنى ، لم نأمن ضلالا . وهذه العبارة ، بحسبانها فرضاً يفترضه مذهب « اطراد القوى » ، يشبه عند المقارنة فرض دلتون ، فى النظرية الذرية ، أن كل ذرات العنصر متطابقة . ولكن الرجل العادى سوف يميل إلى وضعها ، من حيث مكانها من الحقيقة ، فى مثل الموضع الذى يضع فيه عبارات مثل «إن أكسيد الزئبق الأحمر يعطى الزئبق والأكسيجين عند التسخين » ، أو مثل « إن جورج وشنطن كان أول رئيس للولايات المتحدة » . وما أسرع ما يعتاد ، كلما قرأ هذا التكييف لتكوّن الصخور منذ مائة ألف عام ، أن يحسب أنه حقيقة علمية ، لا ظناً ولا فرضاً .

إنى أعتقد أن الصعوبة تنشأ على الأكثر من أن الچيولوچيا ، فى إيراد حوادثها ، كثيراً ما تشبه التاريخ . حكوا أن «جورج» الرابع تكلم كثيراً عن

واقعة «واترلو» حتى صدّق أخيراً أنه كان حاضرها . كذلك مدرس التاريخ المتحمس الغيور قد يتحدث عن الثلوج التى مرّت بالأرض كما لو كان رآها بعينه . إن الچيولوچيا إذا درست على أنها تاريخ الأرض ، لا تلبث أن تتزيا زياً دجماطيقياً ، فيؤخذ ما يقال فيها على أنه حقائق لا تقبل الجدل أبداً . إن الفشل فى تقدير ما فى النظريات الچيولوچية من احتمال ، كبيراً كان أو صغيراً ، ووقوف الأدلة الچيولوچية يعارض بعضها بعضاً ، وليس من يقدر إلى أى حدّ تبلغ بينها هذه المعارضة ، كل هذا يترك القارىء لها من سواد الناس حائراً ، ويغادرها وهو يحسب أن كل ما قرأ من نظريات ذو قيمة سواء . وهو عندئذ يكون بحيث يقبل كل ما قرأ جملة ، أو يرفض كل ما قرأ جملة ، وهو يرفضه أو يقبله ، لا بأنه نظريات ، ولكن بأنه تاريخ واقعى لحوادث الأرض الماضية . ثم هو يقرأ فى الصحف السيارة من آن لآن ، عرضاً لفرض جديد ، يتلوه فرض آخر ، عن وجه من وجوه الچيولوچيا ، فقد ينتهى بأن يكفر بكل ما قرأ جميعاً .

إن إقبال الجمهور الشديد الغريب على قراءة الكتاب العجيب ، « عوالم فى اصطدام » ، يدل على رغبة عند الجمهور شديدة فى قراءة كل ما يكتب فى مهاجمة العلم الحديث وإنكار نتائجه . إن ذيوع هذا الكتاب هذا الذيوع فى الولايات المتحدة ظاهرة محرجة حقاً . وهو دليل على أن المجهودات التى نبذلها لإعطاء الناس شيئاً من فهم العلم عن طريق المدارس والكليات ، عن الطريق الرسمى ، لم تأت بكل ما رجونا منها من ثمرة . ومثل هذا الخرف ، والرجم بالغيب ، لو أنه حدث فى الكيمياء والطبيعة ، لما وجد اليوم من الناس قبولا ، إلا قليلا . لأن أى وحشى

حوشى من الرأى يمكننا فضحه ، وكشف ستره ، بأن نسأل إلى أى شيء يؤدى من جديد التجارب ، فى حقل أو معمل . وغير ذلك العلوم التى تعالج الماضى وأحداثه ، فموقفها من الجمهور ، ومن الرأى الباده للناس ، غير موقف العلوم التجريبية . فإذا جاء رجل يصف ما جرى منذ آلاف السنين وصفاً يضحك العلماء لشذوذه ولغرابته ولسخفه ، فما أيسر ما يتقبله الناس فى جدّ على الرغم من أنه بنى على ظن ، وعلى افتراض يفترض لحاجة طارئة ، وأحياناً على تمزيق ما نسجت العلوم مما أدّى إلى بلوغ الغاية . والنتيجة شيء قد يدغدغ الخيال ، ولكن لا هو بالعلم ، ولا هو بالتاريخ .

ولعل الچيولوچيا هى من بين العلوم العلم الذى يلذ القارىء غير العالم أكثر مما تلذه سائر العلوم الطبيعية ، وقد نستثنى من ذلك بعض أطراف من علم الأحياء التنسيقى . من أجل هذا آسف ألا يقدر الناس ما فى هذا العلم ، علم الچيولوچيا ، من حركة دائبة متغيرة الوجهات هى بعض خصائصه . وهى الحركة التى تجعل منه علماً ، وتفرق بينه وبين التاريخ وأود لو عنى الكاتبون الذين يكتبون المقالات للناس ، والكتب للجماهير ، بأن يبينوا للناس الفرق بين الآراء التظننية ، والفروض العلمية العريضة التى تثمر التجارب ، والمشروعات التصورية التى ما بلغت هذه المرتبة إلا بعد أن قامت عليها الأدلة تعمدها — ولو أن حدود ما بين هذه الأشياء الثلاثة ليست واضحة المعالم جداً — . إذاً لاستطاع القارىء أن يضع المسائل الجارية فى مواضعها الصحيحة من العلم ، أو على الأقل فى مواضع أقرب إلى الصدق ، وإذاً لرحب فى علم الچيولوچيا بأن يرى النظرية تحل مكانها

النظرية سريعاً ، فلا يأخذه من ذلك يأس أو قنوط . وإذاً لعلم أنه لولا هذا التغير ما تقدم العلم ، بل ما كان العلم علماً أبداً .

الطبيعة الأرضية ، علم تجريبى

إن الچيولوچيا تعتبر فى العادة علماً أساسه الملاحظة ، لا علماً أساسه التجريب . ولكن الچيولوچيا ، مثل علم الفلك أو علم البيولوچيا ، لا تستندصفاتها المميزة لها علىمقدار ما لها من طرق ملاحظة أو طرق تجريب. إن الصفة المميزة للچيولوچيا ، ولعلم الحفائر ، هى إدخال الفترات الطويلة من الزمان فيما يبتدع فيهما من مشروعات تصورية . أما من حيث الملاحظة والتجريب ، فقد أخذ علماء الچيولوچيا ، فى هذا القرن ، يعتمدون أكثر فأكثر على ما أخرجته علوم أخرى من نتائج تجريب . وأقصد بهذا فيما أقصد علم الطبيعة الأرضية ، وهو علم لا يكاد يفرق المرء بينه وبين علم الطبيعة من حيث نظرياته وفروضه ، ومناهج التجريب فيه . مثال ذلك أن به يمكن تقدير السرعة التى تجرى بها عبر طبقات الأرض موجات الهزات الأرضية ، تأتى طبيعية ، أو تأتى بتفجير المفجّرات اصطناعاً ، وتقديرها بدقة . ودراسة مثل هذه الظواهر الارتجاجية هى من دراسةالطبيعة بمقدار ما . منهاقراءة البارومتر لقياس الضغط ،أو تسجيل الرطوبة ،أو دراسة تغيير مقدار التوصيلالكهربائى فى أشابة alloy من معدن ، ولو أنه من المفيد مراعاة أن صاحب التجربة ، فى الحالة الأخيرة، له اختيار فى تجاربه أوسع من دارس فيزياء الهواء ، فعالم الظواهر

الجويّة meteorologist ، كعالم الأحياء وعالم الچيولوچيا ، لا بد أن يقبع من قرب عند ظواهره الطبيعية . وفى كل هذه الأمثلة نستطيع أن نسمى نتائج التجارب « بالحقائق العلمية » ما دمنا نستطيع أن نعيد تجاربها لنأتى بنفس نتائجها . إن دراسة سريان الموجات الزلزالية seismic فى الأرض تضارع تماماً دراسة سريان الموجات الصوتية فى الهواء أو نفاذ الضوء فى الفراغ .

ومن أمثلة ما يُعنى به علم الفيزياء الأرضية ، أو الچيوفيزيقا Geophysics تقديرات التغيرات الصغيرة فى ثوابت جاذبية الأرض التى تحدث بالانتقال من موضع إلى موضع ، وربطها بطبيعة الصخور التى هى عند هذه المواضع فى باطن الأرض . وهذه التغيرات تستخدم كما تستخدم سرعة نفاذ الهزات فى الكشف عن كيفية توزع الأجسام الصلبة فى القشرة الأرضية . وكلّ هذه النتائج يمكن أن يجمعها مشروع تصوريّ مستقل كل الاستقلال عن معنى الزمان . ويجوز هذا أيضاً على كل النتائج الچيولوچية الأخرى والملاحظات . حتى مبادىء علم تتابع الطبقات الأرضية Stratigraphy يمكن صياغتها بدون فرض فروض تتصل بالذاهب البعيد من الزمن : فالمعدنيات المميّزة لشتى الطبقات ، وكذلك حفرياتها ، يمكن ربطها معاً فى صور ذهنية مشتقة من ملاحظات أجريت فقط فى المائة سنة الأخيرة فى مواضع مختلفة من سطح الأرض . وإنى أقر بأن هذه ليست الطريقة التى جرى على أسلوبها هذا العلم فى نشأته من الوجهة التاريخية ، وليست هى مما يقبله الچيولوچيون ، ومع هذا فإمكان مثل هذا التحول يلقى ضوءاً على المنهج الكلاسيكى فى الچيولوچيا . إن

وليم سميث ، عند ما استخدم الحفريات وخواص الصخور ، فى تتبع طبقات الأرض، صاغ صوره الذهنية صياغة تاريخية . ولكن من المستطاع القول بأن هذا لم يكن ضرورياً . فقد كان فى استطاعته أن يصنع لنفسه مشروعاً تصوّريا يساعده فى تقسيمه . ولو أنه فعل لكان أقرب شبهاً ، لا بعالم التاريخ ، ولكن بعالم الأحياء ، عالم التاريخ الطبيعى ، ذلك الذى نجح فى القرن التاسع عشر فى حل معقّدات تواريخ حياة النباتات والحيوانات .

ومن المعجب اللطيف أن نذكر أن فى هذا القرن الحاضر ، أدخلت الكيمياء والفيزياء إلى علم طبقات الأرض. وهذه واقعة لها خطرها فى علم الچيولوچيا الحديث . فالچيولوچى ، كالبيولوچى التجريبى ، عليه أن يرعى صوره الذهنية ، الخاصة بعلمه ، ومشروعاته التصورية ، حتى تتفق وقواعد علم الكيمياء والفيزياء . بل هو قد يذهب أكثر من ذلك فيستفيد من كل نتيجة حديثة تخرج فى هذين العلمين . وقد حدث فعلا أنه فعل . . فنى السنوات الختامية من القرن الماضى اكتشفت ظاهرة النشاط الإشعاعى Radioactivity . وما كاد هذا النشاط يكتشف حتى نشأ منه فى الخمسين من السنوات الماضية علم جديد يسمى أحياناً بالكيمياء الإشعاعية Radiochemistry . وهذا العلم ، وهو مزيج من التجارب والنظريات ، ماكان يقوم لولا جهود الفيزيائيين والكيماويين ، وهو يرتكز على ما فى هذين العلمين من مشروعات تصورية . وقد ظهر أنه علم نافع شديد النفع للچيولوچيين ، فقد وجد أنه به يمكن تحديد تاريخ طبقات الصخور المختلفة ، بمعونة بعض افتراضات معقولة — ومع هذا

فهى افتراضات — ، وبناء على تحاليل المعدنيات اليورانيومية أو الثريومية . والغاية من هذا هى فى الواقع إيجاد علاقة بين ما يلاحظه الچيولوچى وهو يعمل فى الطبقات الأرضية ، وبين ما يجده المحلل وهو يعمل فى معامله الكيماوية .

ثم تأتى التصورات الذهنية الكيماوية فتعيننا على حساب عمر الطبقات الأرضية على افتراض أن سرعة التغير الحادث فى النشاط الإشعاعى كانت ثابتة على الأحقاب الكبيرة الكثيرة الماضية ، وأيضاً على افتراض أن المعدنيات التى حللناها بقيت ثابتة التركيب طوال تلك الأجيال ثبوت غيرها من صخور تلك الطبقات .

وقد أنتجت هذه الطريقة نتائج عن أعمار التكوّنات الچيولوچية متفقة اتفاقاً لابأس به مع نتائج عن هذه الأعمار سبق أن جاء بها الچيولوچيون بناء على طرائق وأدلة من نوع آخر . وهذا التوافق ذو معنى لا شك كبير وقد دلّت هذه الأعمار على أن الصخور أطول عمراً مما قدر لها مؤسسو علم الأرض فى القرن الثامن عشر . فأقدم الصخور التى احتوت حفريات قُدر لها أنها رسبت منذ ٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠ عام مضت ، وأنها تحولت تحولا بالغاً metamorphoses[1] دون أن تتأثر بذلك وحدة هذه الصخور . كذلك قدر لأعتق الصخور ، صخور ما قبل العصر الكمبرى

---

(١) المقصود بالميتامرفوزس ، بمعناه الواسع - تحول فى الصخور . ولكنه عادة يطلق على التحول البالغ الذى يحدثه الضغط والحرارة والماء ، مجتمعة كلها ، وتكون نتيجته صخور أكثر اكتنازاً وأكثر تبلوراً . وقد يعبر عن هذا الوجه من الميتامرفوزس باللفظ أنامرفوزس ، ونقيضه الكاتامرفوزس ، وهو تفكك الصخور بالعوامل الكيماوية أو الميكانيكية .

Pre-Cambrian[١] ، أن لها عمراً لا يقل عن ١,٧٠٠,٠٠٠,٠٠٠ عام . وعمر الأرض يقدره اليوم الفلكيون وعلماء الكون فى العادة بشىء مثل ٢,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ عام .

وبالطبع للمرء أن يتساءل هل فى الأمكان تطبيق أصول الكيمياء والفيزياء الحاضرة على الماضى البعيد هذا . إن أكثر من عالم فيزيائى شك فى صحة فرض أن المادة كانت تتطبع فى تلك الأعمار البعيدة كما هى تتطبع اليوم، وتساءل : ما أثر هذا المعنى الجديد ، معنى الزمن يقاس بآلاف الملايين من السنين ، فيما نحن فيه اليوم من أمور ؟ إن الفيزيائى وجد أخيراً أن الضرورة تضطره إلى تغيير آرائه عن كل من الفراغ والزمن لما واجهته فى بحوثه سرعات عالية ، بالغة العلو ، ومسافات صغيرة ، بالغة الصغر ، لم يكن له بها عهد . والذى جاز هناك يجوز هنا ، وإذا يصح أن نقول إن صورتنا الحاضرة عن الزمن لا يصح نقلها فى الشئون الكونية إلى ملايين السنين . ومشروعاتنا التصورية فى العلم ، عند ما يدخلها هذا العامل الجديد ، عامل هذا الزمن البعيد ، قد تتعرض لمعارضات ومناقضات كلما حاولت أن تحتوى الجديد من حقائق العلم . وهذه الشكوك ، وهذا التساؤل ، إنما نثيره بمعزل عن صحة مذهب «اطّراد القوى » الذى سبق ذكره ، أو بطلانه . فهذا المذهب هو من بعض المبادئ الأولى التقريبية التى اصطنعها الأوائل السابقون فى العلم لقضاء حاجات

---

(٢) كبريا هى ويلز ببريطانيا . والعصر الكمبرى جيولوجى تميز أول ما تميز فى ويلز ولذلك سمى باسمها. والعصر الذى قبل الكمبرى هو كل ما سبق هذا العصر من العصور .

عرضت . أما اليوم فكل النظريات الچيولوچية متفقة على أنه كانت على هذه الأرض أحداث عنيفة ، فى أحقاب سابقة بعيدة ، كان فيها بناء الجبال وأشباه الجبال ، عملت فيها قوى هائلة أعنف كثيراً مما تعودنا منها على ظهر الأرض .

تقدم فى الفنون التطبيقية

إن نجاح الچيولوچيا الحديثة، وعلم الحفريات، والفيزياء الأرضية ، فى حل بعض المشكلات العلمية يتمثل فى نجاحها ، فى الثلاثين سنة الأخيرة ، فى تعيين المواضع التى بها زيت البترول من الأرض . ولنلخص هنا طريقتين من طرائق تعيينها : أما الأولى فتعتمد على تطبيق أصول علم الفيزياء الأرضى . أما الثانية فتعتمد على علم الحفريات . مثال ذلك قياس سرعة سريان الموجات الزلزالية فى الأرض، تلك التى يمكن إحداثها بتفجير مفجر ، فمن هذا القياس يستطيع علماء الفيزياء الأرضية التعرف على نوع الصخور التى مرّت بها الموجات . وبما أنهم عرفوا قبل ذلك فى أى أنواع الطبقات يوجد زيت البترول ، إذاً يتهيأ لهم السبيل بذلك إلى معرفة البترول أين يوجد . وعالم الحفريات التطبيقى يدخل فى قصة البحث عن البترول لقدرته على تعيين نوع طبقات الأرض بفحص ما بها من حفريات ، وهى حفريات فى هذه الحالة صغيرة غاية الصغر . وهى تأتى إليه حفراً ، إذ تُخرق الأرض خرقاً ، خروقاً عميقة مناسبة ، وتجمع من الأعماق عينات يقوم بفحصها . فإن هو وجد بها حفريات فهو يستدل

بها على ترتيب الطبقات . وعند الخبراء خرائط كهذه ، حفرية ، تصف الأعماق . وبالرجوع إلى الخبرة القديمة التى تربط بين الطبقات واحتمال وجود زيت فيها ، يستطيع أن يتنبأ العالم عند أى عمق من الحفر يحتمل وجود الزيت . إن العالم الحفرى التطبيقى ، والفيزيائى الأرضى ، وهما يبحثان عن البترول (أو المعدنيات) يجمعان بين استخدام الخبرة ، وهى خبرة أشبه ما تكون بخبرة الحياة ، وبين استخدام ما فى علم الچيولوچيا من فروض ونظريات . ولكن نجاحها فى هذا لا يمكن أن يتخذ دليلا على صحة ما نتصور حدوثه فى الأرض منذ ملايين السنين ، كما لا يمكن أن يتخذ نجاحاً فى تفجير الذرة دليلا على حقيقة النترونات Neutrons والبروتونات protons [١] .

ومهما تشكك الإنسان فى الصحة النهائية فنظريات الكيمياء ونظريات الطبيعة ، أى الفيزياء ، ومهما حذر المرء عند استخدام لفظى «الحقيقة» و « الواقعة » ، فلن يؤثر شىء من ذلك لا فى الكيماوى ولا فى الفيزيائى وهو واقف يعمل فى معمله . فهو عندئذ لا يتشكك أبداً فى الذرات ولا فى الجزيئات ، ولا فى الإلكترونات ولا فى النترونات . وكذلك الچيولوچى والفيزيائى الأرضى ، وعالم الحفريات ، لا يستطيع وهو قائم فى عمله أن يتشكك فى أن نظرياته هى على الأقل وصف تقريبى لما حدث فى الأرض منذ ملايين من السنين . لهذا أجد ، على الرغم من فروق أساسية ظاهرة تفرّق بين الچيولوچيا والعلوم الطبيعية الأخرى ، أن كثيراً مما ذكرته فى

---

(١) هى من الأشياء التى تتألف منها نواة الذرة .

صفحات أسبق ، عن العلوم الطبيعية ، ينطبق كذلك هنا ، على العلوم التى أنا متناولها فى هذا الباب

وإنى أذكر بهذه المناسبة الكتاب الشهير الذى كتبه السير أرشبلدجيكى Sir Archibald Geikie[1] فى تاريخ الچيولوچيا. فى هذا الكتاب لخص المؤلف بعض الخصائص الذى وجدها فى تاريخ هذا العلم فى القرن الثامن عشر والقرن التاسع عشر . ومن الطريف أن نقارن ما خرج هو به من ذلك ، بالذى قلنا ونحن نستعرض مسالك سلكها رجال العلم ، فى الفيزياء والكيمياء والبيولوچيا التجريبية ، وما احتالوا فيها ليتخطوا بها ما لقوا من مصاعب . ذكر « جيكى » فيما ذكر أن قليلا من الرجال الذين أخذوا بيد الچيولوچيا فقدّموها ، إلى آخر القرن التاسع عشر ، كانوا من رجال هذا العلم الأصيلين الممتهنين. فكل الرجال النابهين الذين ذكرت أسماؤهم فى ذاك العهد كانوا إما رجالا ذوى ثراء « احتقروا حياة لا يكون فيها إلا الراحة والرخاء ، فوقفوا أنفسهم ووقفوا أموالهم على دراسة تاريخ الأرض » وإما أهل تدريس يدرسون فروعاً من العلم أخرى . واختصاراً ، نجد هنا فى الچيولوچيا ، كما وجدنا فى غيرها ، فى القرن الثامن عشر وأوائل القرن التاسع عشر ، رجالا هواة أخذوا بالزمام فساقوا العلم أول سائقين . ونتيجة أخرى خرج بها المؤلف ، نوردها بلفظه : « إن تاريخ الچيولوچيا به بعض أمثلة ترينا كيف يطول الزمن بفكرة تلقحت ، قبل أن تتنبت ويخرج منها الثمار » . فهذه عبارة تؤكد الظاهرة المتكررة فى تاريخ كل

---

(١) هو الچيولوجى الاسكتلندى ، ولد فى أدنبره عام ١٨٣٥ . كان أستاذ الچيولوجيا فى جامعة أدنبرة نحواً من عشرين عاماً . وله مؤلفات عديدة .

العلوم الطبيعية ، وهى أن الزمن لا بد أن ينضج قبل أن تنضج الفكرة الجديدة فتثمر أو تتفتح الأعين فترى تجريباً جديداً فيُقدّر .

وثالث ما خرج به المؤلف من نتائج يتلخص فى قوله : « إن درساً من الدروس التى يتعلمها الإنسان من تتبع الخطوات التى خطتها الچيولوچيا فى تأسسها ، وتنشئها ، هو ضرورة أن يتجنب المرء ما أمكنه الدجماطيقية فى العلم ، أن يتجنب التمسك برأى لا يطلب له أدلة ، ولا يبغى عنه حولا . . . إن الدجماطيقيين من النكبائيين Catastrophists ، كان لهم يومهم ، ثم جاءهم المطّردون للقوى على الأزمان Uniformitarians[1] فغلبوهم على أمرهم ، ثم لم يلبثوا أن جاءهم النشوئيون Evolutionists[2] فأخذوا مكانهم . . . إن الچيولوچيا ليس فى طبيعتها ، على العموم ، أن تأذن بدخول الرياضة إلى نتائجها تصوغها فى أرقام . ذلك لأن هذه النتائج تستند إلى موازنة بين عدّة من احتمالات ، ولكنه ميزان قد ترجح كفته هذه ، أو كفته تلك ، تبعاً لما يستجد من حقائق أو من زيادة فهم لها . لهذا قد نجد استنتاجاً يستقر فى جيل فإذا به فى جيل آخر يتقلقل فيعزى إليه الخطأ قليلا أو كثيراً . وعلى مرّ الأيام ، ومن عام إلى عام ، تزيد

---

(١) هذان مذهبان فى الجيولوجيا متعارضان ، أما النكبائيون فيرون أن ما حدث فى القشرة الأرضية من تغير كان سببه عوامل فيزيائية عنيفة قلبت الأمور قلباً ، فكأنها النكبات أما المطردون للقوى فيرون أن العوامل الطبيعية التى عملت فى القشرة الأرضية كانت واحدة ، وكانت مطردة على الزمن ، مطردة فى شدتها .

(٢) النشوء فى الجيولوجيا يظهر فى صنوف الحفريات التى توجد فى الصخور . فالصخور العليا بها أحياء راقية ، وكلما تدنى الإنسان فى الصخور ، تدنى كذلك نوع الأحياء الحفرية التى يجدها ، وذلك فى اطراد به الكثير من الفجوات .

الحقائق التى تبنى عليها هذه النتائج تبيّناً بما نزيدها من امتحان وما نزيدها من فهم . إن الچيولوچيا اليوم بها عدد هائل من الحقائق، وهى تزيد دائماً ، وهى حقائق ثابتة ليس فيما يكتشف غداً ما يدحضها . وكل ما يصنعه الغد بها أن يزيدها كثرة ، وقد يلقى على الكثير من جوانبها أضواء فنزيد نحن فهماً لما كنا حسبنا أننا فهمناه كل الفهم .

وشبه آخر ذكرناه ، بين التقدم الذى وقع فى الچيولوچيا ، والتقدم الذى وقع فى سائر العلوم ، يحتاج إلى إعادة توكيد: ذلك أثر الآلة الجديدة تكتشف ، أو طريقة العمل الجديدة ، الصنعة ، تبتدع فى إجراء تجربة أو إجراء ملاحظة . وقد سبق أن ذكرنا القيمة الكبرى لدراسة بنية الصخور ومقارنة بعضها ببعض، وكذلك دراسة الحفريات . وهذه الدراسات هى فى ذاتها أدوات فى الملاحظة جديدة مكنت من تقدم علم الطبقات . وتقدم علم الكيمياء فى أوائل القرن التاسع عشر مكن من جعل دراسة المعدنيات علماً mineralogy لولاه ما استطعنا دراسة ما احتوته طبقات الأرض منها. وبعد حقبة دخل إلى علم الچيولوچيا ميكروسكوب فحص الصخور petrographic microscope ، دخلها فى الربع الثانى من القرن التاسع عشر ، فمكن من إرساء الصخور على قواعد أرسخ . وفى هذا القرن جاءت الفيزياء الأرضية بعدد من الآلات والأجهزة زادتنا عن الأرض علماً . كذلك فحص مكونات المعدنيات فى المعامل ، كيف تَصنع فى درجات الحرارة العالية ، وتحت الضغوط العالية ، أعطانا طريقة نمتحن بها صحة افتراضات كثيرة فرضناها عما قد يكون حدث فى الصخور فى الأزمان القديمة البعيدة . دعْ ذكر ما صنع اكتشاف النشاط الإشعاعى

فى الچيولوچيا من أثر يكاد يكون انقلاباً ، وذلك باستخدامه فى تقدير أعمار الصخور .

إن الفقرة الأخيرة تذكر مثلا مما أصابته الچيولوچيا من عون على التقدم الذى أحرزته فى الخمسين سنة الماضية ، بسبب ما حدث من تقدم فى علوم أخرى . ومن هذه العلوم نذكر الفلك والكيمياء وعلم الأحياء . إن نسيج كل علم دخلت فيه فتائل كثيرة من علوم أخرى كثيرة ، حتى لوجب على كل نظرية تبتدع فى العلم الواحد ، ألا تفسر حقائق هذا العلم الواحد فحسب ، بل حقائق غيره من العلوم — كذلك قد تخرج فكرة جديدة ، أو تكشف التجربة عن حقائق ، فيكون لها أصداء بعيدة فى غير ما خرجت فيه من علوم — . والنظرية تصاغ فى الچيولوچيا اليوم تخضع لامتحان يكون فى المعمل ، كما تخضع لامتحان يكون فى الحقل ، فهى لا بد أن تتفق وحقائق عرفت فى الكيمياء وأخرى عرفت فى الفيزياء ، وهى لا بد ألا تصطدم اصطداماً عنيفاً بنظريات هذين العلمين .

ولإيضاح علاقة الحقل ، حقل الملاحظة ، بالمعمل ، معمل التجريب ، نسوق مسألتين من المسائل الجارية بين العلماء اليوم ، إحداهما تتعلق بأصل الجرانيت ، والأخرى تتعلق بأصل زيت البترول . أما عن الجرانيت وأصله ، فكل فكرة ذهنية تبتدع عن كيفية تكوّن أى معدنىّ ، لا بد أن يخرج منها بالاستدلال شىء ، يخرج منه فرض ضيق محدود يمكن امتحان صحته بالملاحظة تجرى فى مواضع من الأرض خاصة . والفرض العام الواسع العريض كذلك قد يؤدى إلى تجارب يراد بها معرفة خواص لمركبات كيماوية يكشف المعمل عن خواصها . وكثيراً ما تكون هذه الخواص

معروفة من قبل . فإن صح هذا ، لم يكن للفكرة الجديدة من حاجة غير ترتيب الملاحظات والحقائق حتى تأخذ وضعاً لها جديداً يتناسب والمسألة القائمة . ولكن إذا كان هذا الفرض أو الفروض من النوع الذى يقدم العلم ، إذاً وجب أن يؤدى إلى استنتاجات يتأدى تحقيقها إما فى الحقل وإما فى المعمل .

أما عن البترول ، فهذه مسألة تخرج من الچيولوچيا لتدخل إلى الكيمياء العضوية وإلى علم الأحياء . إن هذا الزيت يتألف من خليط معقد من مركبات كيماوية عناصرها الكربون والأيدروجين . ونستطيع أن نصرف النظر مؤقتاً عن تاريخ تكون هذا الزيت ، وعن مواضعه اليوم من شتى الطبقات ، لننظر فى فروض متعارضة اصطنعت تتعلق بالكربون ، من أى شىء جاء . إن الكيماوى ، بقبوله لقواعد الچيولوچيا ، قد ينظر فى هذا الزيت ، وما به من عديد المركبات ، فيقترح له مصادر فى الأرض مختلفة . وهو قد يرى أن الكربون سبق فى وجوده ، وأن منه تكونت بعد ذلك مركبات وسطى مثل كربيد الكلسيوم ، وأن هذه تتفاعل بعد ذلك مع الماء فتنتج إيدروكربونات[1] بسيطة ، كالأسيتيلين . وبالحصول على هذا المركب وأضرابه لا يجد الكيماوى بعد ذلك صعوبة فى تخيل ما قد يكون حدث بعد ذلك ، فى الضغوط العالية ، وعلى الزمن الطويل ، من

---

(١) الأيدروكربونات هى مركبات عضوية تحتوى الكربون والأيدروجين ولا شىء غيرهما . وهى تختلف باختلاف أعداد الذرات التى فى المركب ، وكيف تترابط فيما بينها . والأسيتيلين أحدها ، وهو يتألف من ذرتى كربون وذرتى أيدروجين ، وهو الغاز الذى يستوقد به فى مصابيح الدراجات .

نألف مركبات عضوية إيدركربونية كالتى توجد فى البترول . ولكن استخدام الخيال على هذه الصورة لا يزيد العلم إلا فكرة تظننية أخرى .

ومن التظنن ما يربط أصل البترول بتحلل مخلفات حيوانية تحللت تحت الضغوط ودرجات الحرارة العالية . ويمكن فى المعمل إجراء تجربة تمثل ما حدث ، فيها يؤخذ السمك مثلا وتُرفع حرارته فوق حرارة غليان الماء كثيراً فيخرج من ذلك خليط من الأيدروكربونات يشبه البترول ظاهراً . وتجربة كهذه تعنى احتمالا أنه لا يوجد بين هذا التظنن الخاص وبين حقائق الكيمياء تعارض . وفكرة أخرى عن أصل البترول ، وهى فكرة سائغة محببة اليوم ، تقول بأن الطحالب Algae التى وجدت فى تلك الأزمان الخوالى هى أصل الكربون ، ذلك بأنها تمتص وتمثل غاز الكربونيك الذى بالهواء مستعينة بضوء الشمس . وتقوم فى سبيل هذه الفكرة عقبة ، تلك أن نتيجة تمثيل كهذا واقعة اليوم فى كل أخضر من النبات ، وهى تؤدى ، لا إلى تكوين إيدوكربونات كالتى يتطلبها البترول ، ولكن تؤدى إلى تكوين بروتينات وشحوم وكربوإيدراتات . وبالطبع قد يتدخل المرء فى سبيل إزاحة هذه العقبة فيقول إن هذه الطحالب أو أشباهها التى وجدت منذ ملايين من السنين كانت تمثل غاز الكربونيك بطريقة أخرى غير التى نعرفها اليوم، تخرج الأيدروكربونات فى كثرة هائلة بدلا من نتائج يجرى بها التمثيل البنائى اليوم . ولكن فرضا كهذا هو من نوع الفروض غير المثمرة ، لأنه يفترض أن العمليات التى كانت تجرى فى النباتات فى تلك الأزمان هى غير ما يجرى بها اليوم ، وإذاً فهو فرض لا يمكن التحقق من صحته اليوم فى المعمل . ولا أكاد أدرك كيف يمكن

التحقق منه بالملاحظة الچيولوچية وهو يتعلق بعملية كيماوية فى أجسام حية .

إننا لم نسق مسألة أصل البترول ، ونلخصها فى اختصار ، إلا لنُدلل على سهولة التظنن فى المحيط الچيولوچى ، وعلى صعوبة صياغة حتى الفروض العامة المثمرة عند العمل ، دع عنك تلك الفروض التى يزيد حظها من الثبوت فترفع فى المقام فتسمى عند ذلك بالنظريات . إن هذا ليس موضعاً نلخص فيه ما لدينا من أدلة على أصل البترول ، ولكن خشية أن أكون قد خلطت فى تصوير ما هو قائم حول هذا الأصل ، أزيد فأقول إن وجود بعض المركبات العضوية المعقدة ببعض عينات فى البترول يدل على (ا) أن البترول يجىء كله أو بعضه من أنسجة حيوانية أو نباتية ، (ب) أن الزيت قد لا يكون ارتفع إلى درجات من الحرارة عليا قط . إن هذا الباب لا يزال باباً مفتوحاً متهيئاً لتقبل آراء جديدة مثمرة ، تثمر التجارب التى تجرى فى المعمل ، أو الملاحظات التى تجرى فى الحقول الچيولوچية . والتظنن الذى ينتهى إلى مثل هذه الآراء لاشك نافع ، أما التظنن الذى لا ينتهى إلى شىء فخيال لا يصيب منه الإنسان إلا بمقدار ما فى تحريك الخيال من لذّة .

أصل الأحياء ونشأتها

إن العقل الفطرى يقول بأن لكل شىء بداية . ونحن نحمل هذا القول إلى نطاق العلم فنفرض طبعاً أن لهذا الكون ، ولهذه الأرض ، وللحياة

عليها بداية ، بدأت فى وقت ما . وقد يدخل هذا الافتراض فيما يجوز من الأشياء مناقشته أو لا يجوز . والحكم فى هذا هو نفسه فى احتياج إلى مناقشة . ولكن بحسبان هذا الفرض عنصراً من فرض عام مثمر ، لا يمكن إنكار تجويزه أحد ، حتى الشكاك البالغ فى شكه ، والآراء التى تدور حول أصل الكون وأصل هذه الكرة تدخل فى النطاق العلمى الذى يختص به فى العادة الفلكيون والفيزيائيون الفلكيون Astrophysicists[1] وهذان الصنفان من العلماء ، ما عملوا فى حل هذه المسألة وأشباهها ، إنما يعملون فى مشروعات تصورية نظرية تدخلها أحقاب الزمن الطويلة بعضاً من عناصرها الجوهرية . ولا أكاد أجد حاجة إلى القول أن هذه المشروعات ، هذه النظريات الكونية ، لا بد أن تتسق. والمعروف من حقائق علم الفلك وحقائق الطبيعة ، ولا بد أن تكون مثمرة ، تثمر الملاحظة وتثمر التجريب . إنى فى معالجة مناهج العلم لم أعرض لمنهج علم الفلك ، لهذا لن أعرض للمسائل الشائكة فى علم الفلك . وبدلا من أن أتناول ما فى هذا العلم من آراء تظننية وفروض علمية جارية ، أرى أن الأفضل أن أختم هذا الباب بإشارة خفيفة إلى ما صنعه علماء علم الأحياء مما يعنون بأصل الحياة ونشأتها . وهنا يجد الإنسان الفرق واضحاً بين الآراء التظننية المبهمة والمشروعات التصورية المثمرة . إنا نستطيع أن نتظنن فى أمر الحياة ونشأتها ما وسعنا الظن ، ولكن الباحث فى هذا الأمر أحسبه لن يجد إلا آراء قليلة تقدم بها أصحابها فى هذا الموضوع لا يمكن إلا بشىء من الكرم أن نسميها حتى فروضاً مثمرة نافعة . وقارن بين هذا وبين ما حدث فى نطاق علم النشوء . إنه من عهد داروين إلى اليوم خرجت آراء كثيرة نشوئية خرج منها مشروع

تصورى مثمر حتى ما يمكن أن يكون لإثماره حد .

إن الآراء التى تخرج تحاول تفسير أصل الحياة كثيرة ، كل عشرة منها بقرش . ولكن المشكلة هى قلب هذه الآراء إلى فروض عامة مثمرة ، تنتج من النتائج الفكرية ما يمكن تحقيقه فى حقل أو معمل . فهذا هو الإثمار . وغير ذلك العقم . انظر معى فى هاتين الخاطرتين الشائعتين اليوم — وأنا لا أستطيع أن أسميهما بأكثر من خواطر — . أما الأولى فتفرض ذلك الفرض القديم أنه عند بدء الخليقة لم يكن على الأرض من المواد الكربونية غير ثانى أكسيد الكربون — إما غازاً خالصاً فى الجو أو متحداً فى الحجر — . وبدءاً من هذا الفرض يستطيع المرء أن يتصور طرائق للانتقال من هذا الغاز إلى مواد كالسكر وكالأحماض الأمينية [1] التى هى لازمة للحياة كما نعرفها اليوم . ومما يتصوره تحولات اعتمادها على هذا النوع من البكتيريا الذى نعرفه ونعرف أنه يستطيع أن يمتص ثانى أكسيد الكربون ويمثله ويحوله إلى مواد عضوية بغير حاجة الى ضوء الشمس . وإذا وصل الإنسان إلى هذا الحد أمكنه أن يتصور تخلّق المادة النباتية الخضراء من بعد ذلك ، تلك التى تقوم بالتمثيل الضوئى photosynthesis ومن بعد تخلّق هذه الصبغة لا يكاد يعوق التخيل الكيماوى عائق .

ثم الفكرة الأخرى ، وقد صيغت حديثاً ، وهى تقع من الظن

(١) الأحماض الأمينية هى أحماض عضوية تتألف أصلا من الكربون والأيدروجين والأكسيجين والأزوت ، وقد تدخلها عناصر أخرى . وهى الوحدات التى تتألف منها البروتينات (ومنها الزلال) . ومن البروتينات تتألف مادة الخلية ، البروتوبلازم ، مادة الحياة الأولى .

والتظنن بحيث تقع الفكرة السابقة مستساغة ، وهى تفرض أنه قبل أن تبدأ الحياة على الأرض بزمن طويل تجمعت على الأرض مقادير هائلة من المركبات الكربونية التى هى فى التركيب أعقد كثيراً من ثانى أكسيد الكربون . فلو أن خليطاً كهذا تضمن الأحماض الأمينية البسيطة، والألدهيدات والأحماض الكيتونية ketonic [1] التى تنتسب إلى السكريات ، لاستطاع المرء أن يتصور تكون جزيئات أعقد منها ، مثل الصبغة النباتية الخضراء ، الكلوروفيل ، ومتى وجدت هذه سهل الطريق إلى تكون النباتات وسائر الأحياء .

ولكنا ، بعد كل هذا ، نتساءل إلى أى شىء تؤدى بنا هذه الظنون وهذه التخيلات ؟ قد يقال إنها تؤدى إلى تجارب فى المعمل لتحقيق بعض ما فيها . فإن كان هذا ، فالحمد لها ، ولكن إلى الآن ، يقرأ الناس ما يقرأون عن أصل الحياة ، ولا يجد الرجل الشكاك منهم إلا علامات استفهام كبيرة يخطها أمام كل ما يقرأ .

إننا لا نعرف إلا القليل جداً فى هذا الشأن ، ومع هذا لا بد أن أؤكد أنه من التعنت فى القول أن نقول إنه لن ينشأ فى المستقبل مشروع تصورى مثمر يصف لنا ما سبق أقدم النباتات على هذه الأرض من أحياء . ونحن إذ نذكر على التحديد ما نجهل ، ونذكر على التحديد ما نعلم ، ونقدر درجة الثبوت فيما لدينا من معارف يجب أن نحذر حتى لا ننزلق إلى موقف اليائس من دراسة الماضى . إن المستقبل قمين بأن يأتى بكل ما

---

(١) كل هذه مركبات عضوية يجوز منها تخليق السكريات والبروتينات وكلاهما ضرورى للحياة .

لا يرتقب . فمن منا كان فى استطاعته أن يتنبأ منذ جيل مضى أو جيلين بأن الكيمياء ستأتى بأنواع من تحليل المعدنيات جديدة تعطينا نتائج ترتبط بأعمار الصخور وتقديرها ؟ من منا كان يستطيع أن يتنبأ باستخدام النشاط الإشعاعى لنوع من أنواع الكربون فى تأريخ بعض ما صنع الرجال البدائيون على الأرض . فهذا أمر أمكن حديثاً ، حققه تعاون الكيماويين وعلماء الآثار .

إن العلم لو دفع فى الخمسين من السنوات الآتية بمثل ما دفع فى الخمسين من السنوات الماضية ، إذاً لأصاب ما نجد اليوم من مشروعات تصورية فى علم الأرض وعلم الكون شىء من التغيير كبير . وأنا على الأقل أرى أن التنبؤ بمآل رأى علمى ، فى الباقى من هذا القرن ، أنفع من التنبؤ بمقدار ما فيه من صدق وبطلان ، إذا نحن عنينا بذلك قربه من الحقيقة أو بعده عنها . ذلك أن البحث فى « حقيقة » الأشياء يوقع الإنسان فى مشاكل فلسفية لا مخلص منها . وبناء على هذا أجرؤ فأقول إن الجزء من النظرية الذرية الجزيئية الذى عاش المائة والخمسين الماضية من السنين ، سيعيش هذه الخمسين الباقية من هذا القرن . هذا مؤكد عندى ولكنى أقل تأكداً فيما يختص بأفكارنا عن النيترونات والبروتونات والإلكترونات. وأبنى تنبئى هذا على أمرين ، طبيعة هذه النظرية عندى ، وعدد ما عاشت تلك الأفكار من السنين . وإذا أنا توجهت إلى دراسة الماضى أتنبأ فيها ، إذاً لرجوت أن يؤذن لى فى القول بأن أصول علم طبقات الأرض المعروفة المقبولة اليوم لن ينالها إلا القليل من التغيير . أما فيما يختص بمسائل مثل أصل الجرانيت والبترول والحياة ، فسوف ننظر إلى

ما كنا نقوله فيها فى عام ١٩٥٠ عند حلول عام ٢٠٠٠ ، ونعجب من أنفسنا كيف قلناه وكيف أسغناه .

وإذا نحن أردنا أن نترك الآراءالتظننية غير المثمرة ، إلى المشروعات التصورية ذات الإثمار ، فما علينا إلا أن نترك الحديث عن أصل الحياة ونتركه نطاً إلى الحديث عن أجناس النباتات والحيوانات كيف تنشّأت على ظهر هذه الأرض . ولن أتحدث عن وقع الآراء الداروينية فى العالم المسيحى ، وأثر ذلك فى نظرة المسيحيين إلى الكون وإلى الحياة . فإنى لو تحدثت عن هذا لخرجت عن الموضوع خروجاً بيناً . ولكن لى كلمة أو كلمتان فى هذا الصدد تنتظم مع ما أهدف إليه ، أضع بهما نظرية النشوء فى موضعها من وسائل العلم وأهدافه . إن الفكرة التى تقول بأن أجناس النباتات والحيوانات لم تثبت يوماً فى الدهر على حال ، فكرة لم يستجدها داروين ، وإنما الذى استجده داروين فسلساة من فروض عامة مثمرة تشرح لنا كيف يمكن أن جنساً يتغير فيتحول إلى جنس غيره . لهذا إذا أراد أحد أن يبحث نظرية النشوء بحثاً مجدياً وجب عليه ، لا أن ينظر فى فرض مثمر نافع واحد ، ولكن فى عدة من فروض .

وبصرف النظر عما سببته نظرية النشوء من مصاعب للمسيحيين الذين يقرأون كتبهم الدينية ، ويتخذون المعنى الحرفى منها ، فهناك مصاعب أخرى جدية جابهت فى المائة من السنين الماضية كلا من علماء الأحياء وعلماء الحفريات وهم فى سبيلهم لتنشئة هذه النظرية وتقديمها . واستفحل أمر هذه المصاعب فى نحو ختام القرن التاسع عشر . فأفكار دارين عما حدث للنباتات والحيوانات فى الماضى كان لا بد من اتساقها مع

ما اكتشف القرن التاسع عشر فى حقل الوراثة والتناسل. فأعمال مندل Mendel [1]، وهى أساسية فى هذا الحقل ، أعيد اكتشافها فى ختام ذلك القرن . وما كادت تكتشف حتى اصطدمت ظاهراً ، فى أول الأمر ، ببعض فروض داروين التى ضمنها نظرية نشوئه . ولكن حدث فى القرن العشرين ، وعلى الأخص فى العشرين سنة الماضية ، أن ظهر أن الأدلة التى خرجت من علم الحفريات من جانب ، ومن علم التوارث والتناسل من جانب آخر ، ظهر أنها تهدف متركزة على إثبات ما تعمّى فى أول الأمر من ظاهرة النشوء .

إن رؤية بعض صنوف من البكتيريا ، رأى العين ، تتغير وتتحول وفقاً لتغير البيئة وتحولها — تغير نحدثه بعقار كالبنسلين مثلا — لدليل ليس بعده دليل لكل باحث شكاك لا يؤمن بحقيقة التغير البيولوچى الذى يطرأ على الأجناس . وإنى أشير هنا على كل من يهمه الأمر ، ويهمه علم ما استجد فى هذه الأيام منه ، أن يقرأ مقالا كتبه كاتبه للقارىء العادى فى عدد يناير عام ١٩٥٠ من مجلة The Scientific American . وعلى الذين يريدون أن يقرأوا فوق هذا ، أشير بقراءة الكتاب الصغير الذى كتبه جوليان هكسلى Julian Huxley وأسماه « الوراثة : فى غرب

---

(١) هو جريجور جوهان مندل ، البيولوجى النمساوى ، ولد عام ١٨٢٢ ومات عام ١٨٨٤ . دخل الدير فى مدينة برون Brunn عام ١٨٤٣ . وأجرى تجارب فى وراثة النبات فى حديقة الدير ليعرف قواعد هذه الوراثة ونشر نتيجة أبحاثه عام ١٨٦٦ . ولكنها أغفلت إغفالا إلى عام ١٩٠٠ ، وفى ذلك العام بعثت من قبرها . وصارت أساس البحوث الحديثة فى الوراثة . ونظريتها مشهورة .

وشرق Heredity, East & West ، ثم كتابه الثانى الأكبر ، واسمه « النشوء : التخلق الحديث » Evolution : The Modern Synthesis فالقارئ لهذه قراءة إمعان سيدهشه كيف تشير الأدلة كلها ، من حقول فى العلم متفرقة ، إلى النتيجة أو النتائج الواحدة . ومن الأدلة ما يأتى من مقارنة الحفريات فى القديم من الطبقات . ومنها ما يأتى من تجارب فى تناسل الأحياء من نباتات وحيوانات . ومنها ما يأتى من تغيرات تصطنع اصطناعاً فى كائنات ميكروسكوبية ، قصيرة الأعمار ، فهى تتناسل سريعاً فتتولد منها فى الوقت القصير عدة من أجيال .

لهذا أقول إن مبدأ النشوء ، فى الوقت الحاضر ، يستقر على قواعد ثابتة لم يستقر على مثلها قط فيما مضى . ومع هذا فهو لا يزال باقياً مشروعاً تصورياً . وإن صح ما نراه فى شئون العلم جاز أن نقوم هذا المشروع (ا) من حيث فائدته فى استيعاب كل ما يعرف من حقائق ، ثم (ب) من حيث إثماره ، واستخراج أشياء منه يكون تحقيقها بالعمل ، بالتجربة فى معمل أو بالملاحظة فى حقل . وهنا أسمع قارئاً صلب العود يسألنى : ولكن هل هذه النظرية حقيقة واقعة ؟ وعندئذ يكون جوابى له ، هو ما سبق أن قلته ، أعيده على رغم ما قد يسببه تكرارى له عند بعض القراء من ضيق : إن الحذر فى معالجة شئون العلم لا يجيب إلا بقوله إن قيمة النظريات هى فى مقدار ما تتنبأ به عن احتمالات ما قد يسلكه العلم فى الغد من مسالك . وظنى الآن ، أن ما سماه هكسلى « بالتخلق الحديث » اليوم ، لن يكون حديثاً جديداً من بعد خمسين من السنين ، ومع هذا سوف يظل خطوة مرضية فى اتجاه نافع . واختصاراً ، ستظل الثورة الداروينية تعتبر ،

كما اعتبرت من قبلها الثورة الكوبرنيكية Copernican والثورة النيوتينية Newtonian ، مدخلا طيباً إلى مشروع تصورى ناجح أكبر النجاح .

ثم فقرة أخرى أخيرة فى هذا الباب ، أجيب فيها عن سؤال لا بد خطر على بال كثير من القراء . إذا كان التاريخ يختلف نشاطاً عن العلم ، فما بال علم الآثار ؟ والجواب أن هذا العلم من العلوم التى تقع عند الحدود ، فهو فى ناحية من نواحيه يمس العلم ، فى ذلك الجانب منه الذى لا يرى الشكاك فيه من العلم غير الفروض والنظريات . وهو من ناحيته الأخرى نجده يمس التاريخ المرقوم ، ملحقاً له ، حيث لا يشكو الشكاك إلا من قلة كفاية فى الأدلة التى يبنون عليها صور الحياة التى كانت للإنسان فى عهوده الماضية. إن الذين يعنون بما يسمى أحياناً ما قبل التاريخ prehistory أو بما يسمى ما قبل قبل التاريخ protohistory ، إنما يعالجون فيما يعالجون قطعاً من أدلة عن حياة الإنسان قبل نحو عشرة آلاف من الأعوام . والآراء الذى يخرج عليها أمثال هؤلاء العلماء ، لا تعطى إلى القارىء غير المختص نوع المعرفة التى يعطيها إياه المؤرخون . وليس من هدفهم أن يصوروا كيف انفعل الإنسان القديم الأقدم لما صادفه من مشاكل الحياة . فليس فيما يبحثون « سنوات متراكمة» . والهدف لا شك فيما يصنعون علمى . وفى هذه البحوث ، كما فى الچيولوچيا ، تروج ظنون العلماء رواجاً كبيراً . إنه لا شك نشأت ، فى القرن الماضى ، فى علم الآثار آثار ما قبل التاريخ ، فروض مثمرة ، ولكن الإنسان يشك فى أن تكون هذه الفروض قد بلغت مرتبة المشروعات التصورية ، فيما يختص بالذى

يسمونه الإنسان البدائى . إننا قد نعلم عن أصل الإنسان أسهل مما نعلم عن أصل الحياة ، ولو أنى أميل إلى الشك فى هذا . وعلى كل حال فكلتا المسألتين ، فى الرأى الباده ، يضعهما الباحث الحذر فى دائرة العلم ، لا دائرة التاريخ . ولكنى مع هذا أقر بأن الخط الذى نرسمه ، بقصد التفرقة بين المشروعات التصورية التى يدخلها الزمن عنصراً من عناصرها ، وبين التاريخ فى علم الآثار ، خط يختلف موضعه من رقعة هذا العلم باختلاف مزاج من يرسمه ، أكان مزاج شكاك كثير الشك ، أم مؤمن كبير الإيمان .

الباب الحادى عشر

أثر العلم فى الصناعة وفى الطب

فى الباب السابق كان حديثنا فى دراسة الماضى ، فى نظريات تلك الدراسة أكثر منه فى تطبيقها ، وكان موضوع الحديث فى تلك الموضوعات ذات الجدل الذى لا ينتهى . وتقدير القارىء لما قلته فى هذا الباب يتوقف على رأيه ، أو رأيها ، فى طبيعة الإنسان ، وطبيعة ما ينتظره من مقادير . ولو أنى أكملت هذه الجولة القصيرة فى التاريخ ، بباب آخر أفرده للدراسة علوم للإنسان ، من علم الإنسان أو الانثروبولوچيا Anthropology إلى علم النفس ، إلى علم الاجتماع ، إذاً لضاق ذرع القارىء بى أكثر مما ضاق . وعندئذ أكون قد وثبت من المقلاة ، مقلاة الماضى ، إلى النار ، نار الحاضر ذات الألسنة الصارخة . والحق أنى لا رغبة لى فى أن أحترق فى مثل هذه النار . لهذا لن أفرد إلا بضع فقرات ، فى الباب التالى والأخير من هذا الكتاب ، أتناول فيها تطبيق تحليلى العلمى للعلوم الطبيعية ، على دراسة الإنسان بحسبانه حيواناً اجتماعياً .

أما هذا الباب والذى يليه فيخصصان أصلا للحديث فى أمور عملية حاضرة النفع ، تلك هى تنسيق وتمويل البحوث البحتة والتطبيقية فى مجتمع حر ، وصلة هذا بالصناعة والطب والحرب . والموضوعات التى سوف نعالجها فى هذا الصدد لن يكون فيها من الجدل أقل مما كان فى موضوعات

عالجناها سلفت . واختلاف الرأى هنا لن يكون سببه اختلافاً فى عقيدة دينية ولكن اختلافاً فى نظرات اجتماعية وأخرى فلسفية . وأثر ما سوف أقول عن الحاضر ، وما سوف أقترحه عن المستقبل سوف يختلف اختلافاً كبيراً فى أنفس قارئيه تبعاً لأهوائهم السياسية وميولهم الاجتماعية ، ولأى حزب أو لأى مذهب هم منتمون . ولن تعجب من هذا فماضى العلم نفسه ، وتاريخه فى الثلاثمائة سنة الماضية ، يقرأه الناس فيجدون لوقعه فى نفوسهم أثراً يختلف باختلاف نزعاتهم السياسية . مثال ذلك ماركس ، والمركسيون ، فى تفسيرهم صلة ما بين العلم والمجتمع ، فقد أبرزت طائفة منهم مجموعة خاصة من الحقائق التاريخية ، وأكدتها ، ثم أخذت تقترح للمستقبل اقتراحات متطرفة . وعارضتهم طائفة من معارضى سياستهم . عارضتهم فى فهمهم التاريخ وتفسير التاريخ ، وفيما اقترحوا للمستقبل . وبدأت المعركة بين الفريقين فى بريطانيا العظمى قبل أن تقوم الحرب العالمية الثانية بقليل. ومن شاء أن يقرأ ما اختلف فيه القوم فى تفسيرهم تاريخ القرن السابع عشر فعليه أن يقرأ كتاب كلارك G.N. Clark فى « العلم وخير المجتمع فى عصر نيوتن » Science & Social Welfare in the Age of Newton وفيه يعالج المشكلة التى قامت ، على غير ما عالجها المركسيون .

وجرى الجدل ودار النقاش حول مسألتين ، أولاهما ؛ هل هناك مبرر للتفريق بين علم بحت وعلم يطبق ؟ ، وثانيتهما ؛ كيف يؤثر المجتمع فى وجهة يتخذها العلم فى المستقبل ؟ أما المركسيون ، ومن اعتنق فلسفتهم ، فقد أنكروا فى عمومهم فكرة أن العلم عمل قائم بذاته منفصل متميز عن أعمال أخرى تهدف إلى تحسين الفنون العملية . وبناء على هذا

هم يقولون « إن تقدم العلم فى جبهاته الواسعة . . . متوقف على ما ينتج عن هذا من نفع فى سد حاجات المجتمع الجارية » — هذا مقتبس من كتيب اسمــه « نشأة العلم » The Development of Science نشرته رابطة المشتغلين بالعلوم Association of Scientific Workers [١] . ومن هذا التفسير لتاريخ العلم استنتجوا ما يلى استنتاجاً سهلا : « ففيما بعد الحرب ستقع على عاتق الناس واجبات ثقيلة فى التنظيم وإعادة بناء ما انهدم من كل شيء ، وستطرح على العلم والعلماء مسائل ومشاكل ، فعندئذ لا يتقدم العلم إلا بمقدار ما يستطيع لهذه المسائل من جواب ، وما يستطيع لهذه المشاكل من حل . وليس معنى هذا ترك البحث العلمى البحت لصالح الأمور التكنولوجية الخالصة (وتلك سياسة لو صحت لكانت سياسة انتحار وقتل للعلم) ، ولكن معناه أنه لا بد من بعض تخطيط وتنسيق لكل الجهود العلمية لصالح المجتمع كله » .

فهذه عبارة رابطة المشتغلين بالعلوم ، وقد أجاب عليها تيلر F.S. Taylor نيابة عن « جمعية الحرية فى العلم » Society for Freedom in Science (فى النشرة الخاصة ، بإبريل ١٩٤٥) ، متسائلا :

« ولكن ما معنى بعض تخطيط وتنسيق لكل الجهود العلمية ؟ . . . أيكون معناه أن القوميسار يأتى فيقول إن هذه البحوث فى تركيب بلورات هذه الفسفتنجستات phosphotungstate لا تنفع الجمهور فى شيء

---

(١) توجد مثل هذه الرابطة فى أمم كثيرة ، ولعل المقصود هنا الرابطة التى بالولايات المتحدة . وهذه الروابط هدفها اشتراكى ، وهى أشبه باتحادات العمال . وفى الولايات المتحدة هيئة أخرى تعمل بأغراض اتحادات العمال لرجال العلم .

وإذاً فقوموا فاشتغلوا فى شىء أنفع ؟ »

إن من الواضح أن هذا النقاش فى حسن فهم التاريخ ، وفى الموضع الذى يتخذه العلم البحت فى هذه الدنيا الحديثة ، ذلك الذى جرى واستمر يجرى فى إنجلترا لأكثر من عشر سنين ، نقاش غير منفصل عن مسائل سياسية واقتصادية متغلغلة فى نفوس القوم ظلت هى أيضاً تحتل الصدارة فى هذا البلد زماناً طويلا . وهو نقاش كذلك غير منفصل عن المسألة الأساسية الأخرى ، مسألة حرية المشتغل بالعلم فيما يشتغل فيه . وهى مسألة تؤدى إلى مسألة أخرى ، هى مسألة البحث العلمى فى الصناعة وعند الحكومة وفى المعاهد والجامعات ، كيف ينظم وينسق .

مراتب العلم والاختراع كيف تغيرت وتبدلت

إن رأيي الخاص ، فيما يتعلق بالعلاقة ما بين الفنون العملية وأصول العلم الحديث ، قد أوضحته فى باب سابق (صفحة ٧٧) ، وهو يتلخص فى أن الفلسفة التجريبية ولدت فى القرن السابع عشر وأن زمناً طويلا مضى بعد ذلك قبل أن تستفيد الفنون العملية استفادة ذات بال من التقدم فى العلم . وقد رجا العلماء فى القرن السابع عشر أن تخرج من بحوثهم ، ومن النوع الجديد من فلسفتهم ، منافع عملية عظمى ، ولكن رجاءهم مع الأسف كان بعيد التحقيق .

ولنقصر همنا مؤقتاً على النظر فى العلوم الطبيعية وما يخرج عنها من تطبيقات ، ثم لننظر فيما حدث فى القرن الثامن عشر ، بعد أن بدأت الثورة

الصناعية ، من أحداث . وننظر فى صناعة الحديد خاصة ، فنجد أن التحسين دخل الأفران العاصفة Blasting furnaces [١] ، باستخدام فحم الكوك ، فى هذا القرن . أدخاه اسميتن Smeaton [٢] لإنتاج حديد الصب Cast iron [٣] (١٧٦٠) . ونجد اختراع طريقة تحضير الفولاذ بالبوتقة [٤] ، وطريقة كورت Cort [٥] لصناعة الحديد المطاوع wrought iron [٦] . ونجد إدخال الآلة البخارية التى اخترعها وط Watt إلى مصاهر الحديد (عام بضع وتسعين وسبع عشرة) . ونجد ختاماً أن إنتاج الحديد الصب فى عام ١٧٨٦ بلغ فى بريطانيا العظمى ١٢٥٠٠٠ طن ، أى ضعف ما كان منذعشر سنين قبل ذلك التاريخ . وبينا كانت هذه الثورة الصناعية قائمة ، كان العلم هو أيضاً فى

---

(١) هى أفران يساق إليها الهواء تحت ضغط ، وبذلك تعلو حرارتها . وهى تستخدم لصهر المعادن من خاماتها ، لا سيما الحديد .

(٢) هو جون اسميتن ، مهندس إنجليزى ، ولد عام ١٧٢٤ ومات عام ١٧٩٢ ، وبدأ محامياً ، ثم صار مهندساً ، اشتغل فى بناء المنارات البحرية والقنوات وغيرها .

(٣) هو الحديد المعروف بالحديد الزهر ، ولست أدرى من أين جاء هذا الاسم حديثاً ، وهو إلى حديد الصب أقرب . وهو الحديد الذى يخرج من الأفران العاصفة ، وهو لقلة نقائه أسهل صهرا فى المسابك .

(٤) فولاذ البواتق هو فولاذ يصنع من الحديد المطاوع بصهره مع الفحم ليأخذ من كربونه ، ثم هو يذاب من بعد ذلك فى بواتق ، ومن هذا الفولاذ تصنع العدد .

(٥) هنرى كورت ، إنجليزى ، ولد عام ١٧٤٠ ومات عام ١٨٠٠ ، وله فى صناعة الحديد عدة ابتداعات غاية فى الخطورة . وأفلس أخيراً فرتبت له الحكومة معاشاً .

(٦) هو أنقى أنواع الحديد العادية المستخدمة فى الفنون العملية ، وبه من الكربون نحو من نصف فى المائة من وزنه . وهو سهل الطرق طيع . ويستخرج من حديد الصب .

تقدم . وكان رجال الصناعة ورجال العلم على اتصال ، ولكن تقدم صناعة الحديد ، وحتى تنشأ الآلة البخارية ، كسبا القليل مما حدث فى العلم من تقدم . يجب أن نذكر أن الكيمياء الجديدة التى جاء بها لا ڤوازييه لم يقبلها الناس عامة قبل العقد الأخير من القرن الثامن عشر ، لهذا جرى كل تحسين فى صناعة الحديد وصناعة الفولاذ قبل أن يعرف الكيماويون الفروق الكيماوية الأصيلة بين الحديد الصب ، والحديد المطاوع ، والفولاذ (إن الفروق فى الخواص الطبيعية بين هذه سببها اختلاف فيما تحتويه من كربون) . وكانت الخبرة البحتة هى السائدة فى ذلك القرن فلم تتأثر بالعلم إلا قليلا . وكانت الخبرة البحتة ، تلك التى تتمثل فى « اكسر وانظر » ، هى كل شىء فى الفنون العملية .

إن القرن الثامن عشر قرن ساد فيه نيوتن بما جمع بين الميكانيكا وعلم الفلك ، وخلق منهما صورة كونية جديدة تأثر بها العالم الفكرى تأثراً كبيراً . وكانت نظرة الرجال المثقفين إلى العلم تغيرت فى المائة من السنين التى سبقت تغيراً كبيراً . ونزاع جاليليو مع الكنيسة عن دوران الأرض حول الشمس ، أصحيح هو أم باطل ، قد نسى كل النسيان . وكانت الجمعية الملكية Royal Society والأكاديمية الفرنسية تواصلان نشاطهما منذ أجيال كثيرة . وكانت مجلاتهما العلمية معترفاً لها بأنها سجلات العلم التى يسجل فيها كل جديد من الآراء ، وكل جديد من التجارب . وكانت لهما اجتماعات كانت تقرأ فيها الأبحاث الكثيرة الهامة وتناقش . ومع هذا يجب ألا ننسى أن عدد الباحثين عند ذاك كان من القلة بحيث

لو نسب إلى عدد من نعلم منهم الآن لم يكن شيئاً . وكان جميعهم ، فى جوهرهم ، هواة .

وينتصف القرن التاسع عشر ، وننظر إلى ما يجرى فإذا المنظر قد تغير كله . فالعلوم البحتة قد خطت فى عصرها الحديث . والهواة ما زالوا يعملون وينتجون ، ولكن إنتاجهم يتناقص سريعاً . وفراداى Michael Faraday يقوم ببحوث معهد وحده ، تلك المؤسسة الملكية بلندن Royal Institution in London (مؤسسة خيرية غريبة ؛ أسسها رمفورد Count Rumford ، ثم حولها السير همفرى داڤى Sir Humphry Davy إلى معمل للبحث ومنبر للمحاضرات مشهور) . وفى القارة الأوربية يعمل أساتذة الفيزياء والكيمياء والتاريخ الطبيعى والطب بجد فى أبحاثهم . وكان الإصلاح البرلمانى أوشك أن يضع كلا من جامعة أكسفورد وكمبردج فى الموضع الذى تبدآن فيه حياة جديدة يلعب فيها البحث العلمى دوراً كبيراً . وتنظر إلى رجال العلم العاملين فتجد أعدادهم زادت عما كانت فى القرن الأسبق أضعافاً . وتهيأ العلم لأن يحتل مكانه فى الحقل الأكاديمى ، فلا ينتهى الربع الثالث من هذا القرن حتى يكون احتله واستقر فى بريطانيا العظمى ، وفى القارة الأوربية ، وفى الولايات المتحدة سواء بسواء .

ولكن أهم من هذا كله دخول العلم إلى الصناعات الكيماوية ، وتأسيس الصناعات الكهربائية على أساس من الكشوف العلمية . ومهد هذا التطور الصناعى فى ألمانيا إلى دخول طائفة كبيرة من حملة الدكتوراه .Ph. D إلى حظائر الصناعة ، دخلوها فى عام ١٨٨٠ فما بعده .

وبدأ العلم أن يكون مهنة يكتسب منها الرزق . وما جاء ختام القرن التاسع عشر حتى كان الهواة ، لا المحترفون ، هم النادرين بين الرجال النابهين فى العلم . وصار البحث العلمى ، فى الجامعات ، وإلى درجة ما فى الصناعة ، مهنة معترفاً بها . والعلم التطبيقى ، فى الدوائر المدنية ، والدوائر الميكانيكية ، وفى الهندسة الكهربائية ، أخذ ينتعش فيضم إليه من رجال العلم الكثير فالأكثر .

فى القرن الثامن عشر كان المخترع الناجح مزيجاً من رجل أعمال جرىء ، ومن رجل يحسن الابتداع بالفطرة ويحسن التجريب معتمداً فيه أكثر اعتماد على الخبرة — كان من حسن حظ وط Watt أن وجد شريكاً من رجال الأعمال هو بلطن Boulton ، لولاه ما كان لوط نجاح — . وكذلك كان الرجال الذين شيدوا الصناعات الكهربائية التى نشأت بغتة فى الربعين الثانى والثالث من القرن التاسع عشر ، إلى حد كبير . ولكن هنا يختلف الأمر قليلا ، بأن علم الكهرباء أعطى هؤلاء الرجال على الأقل شيئاً يبدأون به ، فيجربون وينجحون . يتضح هذا من قراءة تاريخ حياة سيمنز Siemens [١] (وهو الرجل الشهير فى الهندسة الكهربائية شهرته فى صناعة الفولاذ) . وهى حياة ممتعة القراءة حقاً ، وهى وسط بين حياتين

---

(١) هو السير وليم سيمنز ، ولد فى هانوفر بألمانيا عام ١٨٢٣ ، ولكنه استقر فى إنجلترا ، لما وجد بها من حماية لمخترعاته . وله اختراعات كثيرة . وهو صاحب الفرن المشهور لصناعة الفولاذ . وقام هو وإخوته بإقامة مصنع كبير فى إنجلترا لصناعة الكبلات . وهم الذين قاموا بوصل أوربا بأمريكا بالكبل البحرى الأول فى عام ١٨٧٤ . وأعطى له لقب سير عام ١٨٨٢ ، ومات عام ١٨٨٣ .

متعارضتين ، حياة وط Watt من جانب ، وحياة من أنشأوا للراديو صناعته الحديثة ، من الجانب الآخر .

واتضح أن تطبيق العلم فى الصناعة سيحدث فيها انقلاباً ، وكذلك فى حياة الناس . ومع هذا لم يستبشر العلماء بذلك ، أولئك الذين قاموا على العلم يزيدونه فى النصف الثانى من القرن التاسع عشر . إن الجيل الذى سبق هؤلاء ، من رجال كـ « ليبج » Liebig ، وهو الذى أدخل الكشوف الكيماوية فى الزراعة ، وحتى فراداى Faraday ، لم يكونوا يجدون السوء فى الدخول إلى حظيرة العلم التطبيقى . وهم دخلوا إلى العلم التطبيقى وخرجوا منه، وما وجدوا فيما صنعوا شيئاً غريباً . ولكن غير ذلك كانت الحال فى هذا الجيل ، فى بعض طوائف من العلماء ، أخذوا يترفعون عن الصناعة ، ويحافظون على أكاديميتهم أن تنزل إلى هذا. واختلفت نظرتهم إلى العلم البحت ، ونظرتهم إلى العلم التطبيقى ، وتعارضت النظرتان . فالعلم البحت كان عندهم شيئاً صعباً مجهداً ، ولكن فيه نبل . والعلم التطبيقى كان عندهم شيئاً سهلا ميسراً ، ولكنه محط مذل . واختصاراً نظر العلماء البحتيون نظرة احتقار إلى المخترعين . وكثيراً ما رد المخترعون التحية بأحسن منها . ضحكوا من الرياضيين وبحاث المعامل النظريين بأنهم لا يفقهون من الحياة ، وهى عملية ، شيئاً .

وأضرب مثلا ممتعاً لهذه الكبرياء ظهر فى افتتاح خطاب مكسويل James Clark Maxwell ، ألقاه عن التليفون ، فى جامعة كمبردج ، عام ١٨٧٨ . فهذا أستاذ شهير بالذى أداه إلى العلم البحت من إنتاج نبيل

وهذا ما قاله عن « بل » Alexander Graham Bell[١] مخترع التليفون ، ذلك الاختراع الذى انقلب به العالم انقلاباً عظيما . قال مكسويل :

« منذ سنتين جاءتنا الأخبار عبر المحيط الأطانطى بأن طريقة ابتدعت تنقل الصوت الآدمى ، بوساطة الكهرباء ، حتى ليسمع على بعد مئات من الأميال . والذين منا سمعوا الخبر ، وكان لديهم من الأسباب ما يدعو إلى تصديقه ، أخذوا يعملون خيالهم ليرسموا لأنفسهم صوراً طريفة عن أداة جديدة تظهر فيها مهارة الابتداع فائقة رائعة . أداة تعلو فى مهارة إبداعها على ما ابتدع السير وليم طمسن من مسجل سيفونى Syphon recorder[٢] ، وتعلو عليه فى دقته وفى تعقده ، وتعلو عليه بمقدار ما يعلو هو على الجرس العادى ، تشده ، فيدق . فلما رأينا هذه الأداة الصغيرة أخيراً ، وجدناها من حيث التأليف تتألف من أجزاء ليس من بينها

---

(١) هو اسكندر جراهام بل ، ولد فى أدنبره عام ١٨٤٧ ، وتعلم بها وفى ألمانيا . واستوطن كندا عام ١٨٧٠ . ثم ذهب إلى الولايات المتحدة عام ١٨٧٢ . وكان أستاذ الفسيولوجيا الصوتية فى جامعة بسطن . وهو مخترع التليفون والفونغراف . مات عام ١٩٢٢ .

(٢) السير وليم طمسن هو اللورد كلفن . أما المسجل السيفونى فأداة كاتبة تسجل الإشارات الكهربائية التى ترسل عبر البحار والمحيطات فيما استقر فى قاعها من كبلات . وهذه الإشارات تأتى ضعيفة . ولذلك كان لا بد أن تكون أداة استقبالها حساسة . وقد استخدم الجلفانومتر ذو المرآة ليدل على الإشارة الكهربائية . ولكنه لا يكتب . فالمسجل السيفونى جلفانومتر مركب من مرآته قلم يكتب على شريط مستمر الجريان . وهو يكتب خطاً مستقيما على الشريط إذا لم تكن هناك إشارة . فإذا حدثت ارتفع عن الخط أو انخفض عنه . وهذا القلم يستقى الحبر بالسيفون .

ما لا نعرف وما لا نألف ، ووجدناها من حيث التركيب قمينة بأن يركبها أى رجل هاو . عند ذلك خاب أملنا أكبر خيبة . وخاب لمظهرها الوضيع خيبة لم يخفف من أثرها بعض تخفيف سوى أننا وجدناها تتحدث حقاً» .

وقال مكسويل بعد ذلك فى نفس هذه المحاضرة :

« إن الأستاذ جراهام بل ، مخترع التليفون ، ليس بالكهربائى الذى اكتشف كيف يجعل من صفيحة خرساء صفيحة تتكلم ، ولكنه متكلم ، صار ، فى سبيل نيل أهدافه الخاصة ، كهربائياً »

لقد كان من خصائص المخترع ، فى عهد الاختراع العلمى الأول ، من عام ١٨٢٥ إلى عام ١٩٢٥ مثلا ، أن يقوم هو بنفسه بعمله وحده ، فلا شريك ولا معين ، فى عنبر أوحجرة بسقف بيت ، ومنضدة صغيرة ، تضاف إلى خيال بديع ، وعقل قوى ، وصبر طويل ، كانت كل ما يحتاج إليه المخترع فى ذلك العهد . وغير هذه الحال هذه الأيام. لقد استبدل المخترع الواحد المتوحد ، بمعمل للبحث العلمى التطبيقى ، أعنى مجموعة من الرجال المدربين تدريباً عالياً فى العلم ، وفى التكنولوچيا . نتج هذا عن امتزاج العلم فى تقدمه ، بالتكنولوچيا فى تقدمها ، دفع بالمخترع المتفرد أن يخرج عن تفرده فيطلب الشركة بغيره من المخترعين الذين لهم كفايات غير كفايته ، ومعرفة غير معرفته . واحتاجوا فى شركتهم إلى الأدوات وإلى الأجهزة ، فنشأت من هذه الحاجة وسائل أكبر تمد الاختراعات ، ومن هم فى سبيلها ، بالمال . وأنت ، فى أى صورة عبرت عما حدث ، فلن تجد وصفاً لما بين هاتين الظاهرتين الاجتماعيتين من علائق خيراً من أن تقول إنها علائق ما بين السيارات الحديثة والطرقات الطيبة ، هذه استدعت تلك ،

وتلك استدعت هذه ، وكلتاهما أعانت فى إيجاد ما نحن فيه اليوم من حسن حال .

إن هذه الزراية التى استشففناها من محاضرة مكسويل ، بمخترع التليفون « بل » ، لا نزال نجد إلى اليوم أمثالا لها فى الدوائر الأكاديمية ، ولكنها قليلة . ولكن على العموم نستطيع أن نقول إن العداء الذى كان بين العالم البحت والعالم التطبيقى (المخترع فى صورته الحديثة) قد ذهب ، ذهب به أسلوب جديد يسلكه اليوم المخترعون إلى اختراعاتهم . ولا يأسف اليوم على ذهابه أحد ، إلا طائفة قليلة ، تأسف ولا تسمع ، وما أسفها إلا عن خوف أن يذهب هذا المزج بين الجانبين من العلم آخر الأمر بكل تقدم يرجى فى العلم نفسه ، العلم البحت أصلا . ولا يكاد أحد يخلص القول أن ينكر صحة هذا الخوف . ولملاقاة هذا الخطر لا بد من الدعاية الدائمة المثمرة بين الناس لتناصر البحث العلمى فى جميع صوره .

العلم والصناعة : الموقف الحالى

قبل أن نغرى السواد من الناس بمناصرة البحث العلمى البحت ، يجب علينا أن ننظر قبل ذلك فى موضع العلم الحاضر من الصناعة . إن الرجل العلمى الذى يميل بطبعه إلى البحث أثبت قدرته ، وأثبت إثماره بالذى قام به فى الصناعتين ، الصناعة الهندسية والصناعة الكيماوية ، فى أواخر القرن التاسع عشر . ورسمت له طرائق العمل ، وطرزه ، فى ألمانيا وفى البلاد التى كانت تدخل عند ذاك فى مجالها الثقافى . أما فى

الولايات المتحدة فلم يظهر البحث العلمى فى معونة الصناعة ، لم يظهر شيئاً منسقاً يضاف إلى الشركات الصناعية محتفظاً بذاتيته، إلا قبيل الحرب العالمية الأولى وفى أثنائها . ومن ذلك الزمن اتسع اتساعاً هائلا عجيباً، وعجيباً كذلك فى أعقابه . فعدد الذين كانوا يعملون فى البحث الصناعى كانوا عند ختام الحرب العالمية الأولى ١٠٠٠٠ فزاد حتى صار ٥٠٠٠٠ عند بدء الحرب العالمية الثانية ، ثم زاد إلى أكثر من ١٣٠٠٠٠ فى عام ١٩٤٩ . وبلغ ما أنفق فى هذه البلاد ، فى البحث ، وفى نقل البحث إلى الإنتاج ، ما أنفقته الصناعة ، مضافاً إلى ما أنفقته فى ذلك الحكومة والجامعات ومعاهد البحوث ، نحواً من ١٦٠٠٠٠٠٠٠ دولار فى عام ١٩٣٠ ، و ٣٥٠٠٠٠٠٠٠ فى عام ١٩٤٠ ، ونصف بليون دولار ٥٠٠٠٠٠٠٠٠ فى عام ١٩٤٨ . إن ضخامة هذه الأرقام تدل على مقدار ما حدث من انقلاب قام به نفر قليل من الرجال فى جيل واحد . وكان من نتيجة ذلك أن اختفى المخترع الواحد المتفرد ، كما اختفى من قبله العالم الهاوى . انقرضا كما انقرض الجاموس الأمريكى من أرض أمريكا أو كاد .

إن الأرقام الإحصائية التى تتصل بمناشط البحوث فى أمريكا قد يكون فيها بعض التضليل ، ذلك لأن نفقات البحث العلمى ونفقات تصنيعه تجمع فى العادة معاً . وهذا بمثابة ضم العلم والاختراع وهندسة الجديد فى الصناعات فى القرن التاسع عشر تحت عنوان واحد . إننا اليوم نجد من الأسهل أن نفرق بين (١) البحوث العلمية البحتة أو الأساسية (ب) البحوث التطبيقية (ج) التنشية الهندسية engineering development

(ى) الهندســة الإنتاجية production engineering (هـ) الخدمة الهندسيــة service engineering (أنا فى هذا أتبع مصطلحات مكلورن W.R. Maclaurin كما أوردها فى كتابه الممتع النافع المسمى الاختراع والتجديد فى صناعة الراديو Invention & Innovation in the Radio Industry . ونحن نضع تحت العنوان الأول ، البحوث الأساسية ، كل المناشط التى وصفناها إلى الآن بالعلمية ، ونلخصها بأنها لإيجاد صور ذهنية جديدة وتحسين الصور القديمة (وتقليل الخبرة الفطرية فى الساحات العلمية) ، وكذلك استخدام الأداة الجديدة وطرائق العمل الجديدة فى الكشف والبحث . ونحن نعنى بالبحوث التطبيقية ذلك الجانب من العلم الذى يهدف إلى الانتفاع بالقائم من الصور الذهنية العلمية ، والمشروعات التصورية ، والفروض والنظريات فى حل المسائل العملية ، والبحث عن منافع جديدة لكل كشف تجريبى جديد ، وكذلك تحصيل المعارف التى تنطوى على حقائق للإفادة العاجلة منها . أما أعمال التنشئة فتتضمن الخطوات الأولى لتحويل الآراء إلى أعمال صناعية . والحد بين التنشئة الهندسية والهندسة الإنتاجية غير واضح المعالم . ولكن ، على العموم ، يقصد بالتنشئة الهندسية إقامة النماذج المصنعية pilot plants ويقصد بالهندسة الإنتاجية التحسين فيما هو قائم فعلا فى المصانع . أما الخدمة الهندسية فالقائمون بها وثيقو الصلة بأقسام البيع ، وإذاً فبالمستهلك .

ولعل مما يوضح العلاقات بين العوامل المختلفة التى تجتمع لتحسين الأساليب الإنتاجية فى الصناعة أن ندخل بالحديث إلى ما كان يجرى والحرب العالمية قائمة من أمثال هذه الأمور . وفى الحرب العالمية لعب البحث

العلمى فيها دوراً عظيما . واتصلت مناشطه بالجيش وبالبحرية وبمكتب البحث العلمى والتنشئة . والذى جرى أنه كان يخرج من كل هيئة تضع البحث أو تنتفع به ، آراء ، وتدخل إليها آراء ، تجرى فى طرقات معبدة سهلة ، يأذن المرور فيها بالذهاب والجيئة ، بدون إبطاء أو تعويق . فكانت تخرج المقترحات من المعامل بمشروعات ، فتذهب إلى أقسام هندسة التنشئة لترى رأيها فيها ، فإن أقرتها ، ناولتها إلى الصانع . وهذا يقوم عليها بالإنتاج التجريبى . وتخرج من عند هذا ، بعد الامتحان والفحص ، لتوضع فى يد المستهلك ، وهو فى هذه الحالة الجندى المحارب . ويأخذها هذا ويستعملها ، ويقترح المقترحات لتعديلها وتحسينها . وتأتى منه مقترحات عن أسلحة جديدة أخرى ، وأدوات أخرى ، ومواد ومهمات أخرى . وقد أضيف هنا ، على الهامش ، إنه لم يكن سهلا فوات كل هذه المعلومات والاقتراحات من الجندى المحارب من كل هذه المسالك لتصل أخيراً إلى رجال البحث فى المعامل ، ورجال التنشئة .

ولم تكن الحاجة ماسة إلى سهولة انتقال المعلومات والاقتراحات بين هذه الهيئات فحسب ، بل قد كان من الضرورى كذلك أن تتخذ القرارات الحاسمة فى مواضع كثيرة من هذا الطريق . ولقى أصحاب هذه القرارات عناء كبيراً عند اتخاذها بسبب السرعة الواجبة اللازمة التى حتمتها معارك الحرب القائمة . وأعطيت الأسبقية للقوات المحاربة فى كل ما تحتاج إليه فنشأ عن هذا حذف خطوات كان لا بد من خطوها فى سبيل الدقة فى عهود السلام والحرب غير قائمة . وبدلا من جمع المعلومات لينتقى منها المنتقى خير ما فيها ، عمد القائمون بالأمر إلى تجربة جملة من أشياء دفعة

واحدة ، لعل أن يكون من بينها المراد . ومن أمثلة ذلك ما حدث فى إنتاج القنبلة الذرية . ففى أول الأمر ، والبحوث لا تزال قائمة فى المعامل ، كان عند القائمين عدة احتمالات لإنتاج الوقود الذرىّ . وكما يرى القارئ واضحاً من تقرير سميث Smyth [١] ، كان هناك حتى عند بلوغ البحث مرحلة التنشئة عدة من احتمالات تتّبع . وود المحافظون من أهل الإنتاج أن يزيدوا فى أعمال التنشئة بحثاً وفحصاً ليضيّقوا مجال هذه المحتملات الواسعة المتعددة قبل أن تقام المصانع للإنتاج . ولكن الذى حدث ، كما يعلم الناس اليوم ، أنه لم يستطع أولو الأمر على ذلك صبراً ، لم يستطيعوا الصبر ليختاروا أحسن الطرق وأرشدها ، فأمروا فاتخذ الإنتاج سبيله كاملا على أكثر من طريقة وأكثر من جبهة .

إن الزمن فى الحرب عامل من أكبر العوامل . ولهذا فرضت فى الحرب ، من أجل الحرب ، فروض خاصة على كل الناس . ومن الناس الذين يعملون فى العلم وفى تطبيق العلم . لهذا يجب على الناظر أن يحذر عند ما يستنتج النتائج مما وقع فى الحرب من نجاح ومن إخفاق ، فالقياس لحالة السلم ، من حالة الحرب ، لا يستقيم دائماً . ومع هذا فالذى ينظر فيما كان قبل الحرب ، وفى أحوالنا الحاضرة فيما بعد الحرب ، يجد ما وصفنا من سلسلة من العلاقات ، تبتدىء فى المعمل ، وتنتهى عند المستهلك ، لا يزال قائماً .

---

(١) هو التقرير الشهير الذى كتبه هـ . د . سميث فى عام ١٩٤٥ ، وعنوانه « الطاقة الذرية فى الأغراض الحربية » وهو تقرير رسمى من تقارير الولايات المتحدة عن المدة ما بين ١٩٤٠ و ١٩٤٥ .

إن من أكبر صعوبات التنظيم مسألة الاتصال بين الهيئات ، والمواصلات ، لنقل المعلومات . والإدارات الصناعية كثيراً ما تجابه هذه الصعوبات فتعانى الكثير فى تيسير الطريق حتى تنتقل الحقائق وضروب المعارف بين حلقات هذه السلسلة الواحدة المتصلة . ويحاول علماء البحث ومهندسو التنشئة والتنمية أن يجمعوا أكثر ما يستطيعون من ذلك ليجد الزعماء طريقهم لرسم سياستهم ، ولكن هذا الجمع يجرى فى العادة بطيئاً ؛ لهذا كثيراً ما يكون الزعماء رأيهم ويرسمون خططهم على قواعد من التكنولوجية غير كافية .

إنى أحسب ، بناء على لمحات نلتها مما يجرى داخل الأسوار من صنوف مختلفة من الأبحاث والتنمية ، أن الرجل لا بد أن يرتبك ويحار فلا يستطيع حكماً إذا هو جوبه بمسائل معقدة كهذه . مثال ذلك اقتراح فنى للغاية فى تفصيله ، يعرَض ، وتترتب بناء على قبوله أو رفضه نتائج غاية فى الخطورة . والحكم فيه مقامرة . وهى مقامرة يبنى المرء فيها اختياره على احتمال ما فيها من نجاح — وهذا أمر فى جوهره فنى — ، وعلى أعقاب تأتى بعد نجاح فيها أو خيبة . فالمسألة إذاً تتعلق بخطوط السياسة الكبرى . ولا بد من أن يتحملها رجال يحملون التبعات الكبيرة العامة ، أعنى مجالس تنفيذية يستطيع رجالها من حيث يجلسون أن يدركوا علائق ما بين الأمور وعواقب ما يتخذون من قرار . والمقترح الذى يقرونه قد يكون من هيئة لها مكانها فى السلسلة التى تبدأ بالمعمل وتنتهى بالمستهلك . قد يكون اقتراحاً ببرنامج بحث ، أو اقتراحاً لتنشئة مشروع ، أو بتصميم مصنع جديد أو إقامته ، أو بتعديل إجراء قائم متبع . فمن يحكم فى هذا ؟

وكيف تقدر العوامل الفنية فيه ؟

الجواب عن هذا أنه فى المنظمات الصناعية الكبيرة ، حيث الأعمال تجرى هينة سهلة ، وحيث تقع كل هذه السلسلة من المناشط تحت إدارة مسئولة واحدة ، نجد أن الذى يتخذ القرارات فى كل هذه الأمور الخطيرة رجال نشأوا مع هذه المنظمة الصناعية أو تلك فصاروا كأنهم بعض أجزائها . ومهما يكن سابق تعليم هؤلاء الرجال ، فهم نشأوا وتعودوا كيف يزنون ما يأتيهم به رجال البحث ورجال التنشئة والتنمية من آراء . والرجل الناجح من رجال مجالس التنفيذ هذه يكاد بحكم طبعه ، الذى اكتسبه بالمران ، أن يتجنب المزالق التى انزلق فيها كثير من غير المجربين والحرب قائمة ، لا سيما أولئك الذين ادعوا من الخبرة ما ليس لهم . والرجل الناجح من رجال التنفيذ يدخل فى اعتباره ، بحكم الطبع والمرانة ، وهو لا يدرى ، ما قد يكون من ميل وهوى عند من يتقدمون له من رجال البحث بأمر ، فهو يعلم أن العلماء ، على غير ما يعتقد السواد ، لا يفكرون دائماً فى برود الحكيم ، وأن لهم عواطف وأن لهم أهواء . وهو يعلم أن صاحب الفكرة ومبتدعها ، له كبرياء المبتدع ، فهو لا يريد أن يجرح فيها . والرجل الذي ليس عالماً ، إن كان عاقلا ، وازن بين ما يسمع من أدلة ، من شهود قضية ، ليستطيع أن يتجنب ما قد يكون عند الشهود من زيغ . وأخيراً ، أود أن أقول إن رجال أعمال كهؤلاء الذين تجمعهم مجالس التنفيذ فى المنظمات الصناعية لهم فهم للعلم وتطبيقه — على الأقل من الصنف الذى يتصل بواجباتهم — يجعلهم يدركون ضرورة تقدير ما فى مقترح جديد من جدة ، وما فى علم تضمنه من خبرة عامة وما فيه من تجريب .

والجدة قد تنتج من أن تصورات علمية فى حقل من العلم خاص قد تشكلت شكلا جديداً ، وهى قد تنتج من حقائق علمية جديدة ، وجدت فى حقل من العلم بعيد ، ومع هذا لها مساس بالقائم فى المصنع من أعمال . والجدة قد تكون بإدخال مادة جديدة — أشابة معدنية alloy أو لدينة plastic أو أشباه لهذه — أو مكنة جديدة machine أو أداة ابتدعت فى مكان غير هذا المكان . وعلى كل حال قد يحسن عضو المجلس التنفيذى أن يسأل : ولم لم يعمل هذا الشىء قبل ذلك ؟ ومن الأجوبة التى هى قمينة بفقدان الثقة فى قائلها « أن أحداً لم يفكر فى هذا من قبل » . وهو جواب مع قمانته بفقدان الثقة ليس دائماً يلقى رفضاً. إن أحسن جواب فى رأيى هو « أن هذه أول مرة نتنبه فيها إلى هذا العمل أو هذا المقترح » . أو « كانت الحقيقة التجريبية ، التى بنينا عليها هذا الرأى ، إلى الشهر الماضى ، غير معروفة . بل كانت غير متوقعة » .

وهذا العمل ، أو هذا المقترح ، هو على العموم ، أحد شيئين . فهو إما شىء فيه الخبرة الفطرية كبيرة المقدار ، ولكن الفائدة منه كبيرة ، وإذاً فهو الاقتراح الأزلى القديم يهدف إلى تحسين فن من الفنون العملية . أو هو شىء فيه الخبرة الفطرية صغيرة المقدار ، ونريد أن نزيدها صغراً ، وإذاً فهذا وجه من وجوه النشاط الثورى الجديد الذى بدأ من ٣٥٠ عاماً والذى نسميه علماً . إن هذه النظرة إلى البحث الحديث لها فى اعتقادى شىء من الفائدة لدى هؤلاء الرجال الذين عليهم تقع تبعة قبول مشروع للبحث أو رفضه . ذلك أننا ، على العموم ، كلما فهمنا الأسس العلمية لشىء ، زاد احتمال نجاحه وقل احتمال إخفاقه . واختصاراً ،

كلما قلت درجة الخبرة الفطرية فيه ، درجة الاختبارية ، زاد قدراً .

ولأضرب مثلا لما ترتب على اختلاف فى مقدار الخبرة الفطرية بمسألتين علميتين هامتين قامتا فى الحرب العالمية الماضية ، وكيف صنع هذا الاختلاف بهذه ، ثم بهذه . كان على وشنطن أثناء الحرب أن تقضى فى أمرين خطيرين جاءا فى برامج التنشئة والإنتاج . وقضت فى الأول بالإيجاب . وكان يختص بإنفاق نفقات هائلة لإنتاج الوقود النووى nuclear للقنابل الذرية . وقضت به ولم يكن جرى من بحثه إلا تجارب أجريت فى معامل لم يستخدم فيها من مقادير المواد التى استخدمت إلا مقادير غاية فى الصغر ، هى دون ما يرى بالعين المجردة ، بل دون ما يراه الميكروسكوب . وقضت فى الأمر الثانى بالنفى ، وكان خاصاً بالبنسلين . وكان البنسلين يستحضر بالطريقة البيولوجية المعروفة ، طريقة تحضير العفن ، ثم منه يستحضر البنسلين . فقام اقتراح بتحضيره صناعياً بعد تخليقه Synthesis [1] ، وأن تنفق الأموال فى سبيل تخليقه وتصنيعه . وطريقة كهذه لا شك لو نجحت لأنتجت

---

(١) كل مركب يتألف من عناصر ، ولكل عنصر من المركب عدد معين من الذرات ، وذرات العناصر مترابطة فيما بينها على نظام خاص ، وكل ذرة تشغل فى الفراغ من المركب موضعاً خاصاً . فهى أشبه بالبيت كل شىء فيه ذو موضع وشكل معلوم . وهذا المركب قد تصنعه الطبيعة من عناصره ، أو من مركبات أصغر ، وإذاً يكون كل مجهود الإنسان هو فى استخلاصه من مواطنه نقيا . ولكن الإنسان ، بعد أن يعرف بناء المركب كما يعرف تصميم البيت ، يمكن أن يبنيه ، إما من عناصره الأولى ، أو من مركبات أبسط . وهذا هو الذى يسمى التخليق . والكيماوى يخلق فى المعمل مركبات خلقتها الطبيعة ، ويخلق ما لم تعرفه الطبيعة أبداً .

البنسلين وفيراً سهلا . ومع هذا رفض الاقتراح . رفض فى الوقت الذى ظهر فيه أن الكيماويين أوشكوا على كشف تركيبه وكشف بنائه وكيف تترابط الذرات فى جزيئه، ولم يكن من بعد هذا الكشف إلى تصنيع البنسلين إلا خطوة .

وكان الحكمان صحيحين ، من قبول ومن رفض . فقد دلت الحوادث من بعد ذلك على أن المقامرة بالنفقة على إنتاج الوقود النووى للقنبلة الذرية كانت فى موضعها . أما المقامرة على تخليق البنسلين وتصنيعه فكانت فى غير موضع . كانت خاطئة قاتلة . إننا إلى اليوم لم نجد سبيلنا إلى صناعة البنسلين تخليقاً .

فما السبب الأساسى فى قبول هذا ، ورفض هذا ، وصحة الرفض والقبول ؟

السبب أن العالم الفيزيائى النووى كان فى استطاعته أن يتنبأ عن ثقة، وصدقت نبوءاته، لأن التفاعل ما بين النترونات والنواة سبق أن صيغ فى عبارة هى مشروع تصورى كاف . فدرجة الخبرة التى فى هذا الحقل العلمى صارت من بعد المشروع التصورى قليلة ، على الرغم من حداثته . أما مقدار الخبرة التى فى الكيمياء العضوية التخليقية فكانت على النقيض كبيرة ، أكبر مما تأذن عند الكثير بالمقامرة على نجاح تخليق مركب معقد كالبنسلين ثم تصنيعه فى مدة اقتضت الحرب أن تكون قصيرة .

إنى موقن أن هذا التعبير « بدرجة الخبرة » أو إن شئت « فالدرجة الخبرية » أو « الدرجة الاختبارية » degree of empiricism لم يرد قط ، فى أى وقت ، عند البحث فى أمر البنسلين أو أمر الوقود النووى ،

فهذا التعبير تعبيرى ، وهو اختراعى . وأعنى به ، كما سبق أن قلت درجة الخبرة الفطرية البادهة الجارية فى الناس . ومع هذا فأنا أميل إلى الظن بأن التفكير الذى أدى إلى الرفض فى حالة ، والقبول فى حالة ، إنما جرى على مثل هذه التفرقة بين ما فى شىء من خبرة وفطرة ، وما فى شىء من تصور ذهنى بناؤه التجريب العلمى . وعلى كل حال قد بررت النتائج وجهة نظرى ، تلك أن كل تقدم يراد فى الفنون العملية لا بد أن يحكم له بالنجاح أو الفشل بمقدار ما فى العلوم التى يستند عليها هذا التقدم من خبرة فطرية أو تجريب علمى .

مسائل فى التنظيم

من الجلى الواضح أنه من الضرورى لسهولة العمل وحسن إنتاجه أن توضع حلقات السلسلة التى تبدأ بمعامل البحث فى صناعة ، وتنتهى بالمستهلك فى الشارع ، تحت رقابة واحدة ، وبهذا يتجنب الإنسان مصاعب كبرى ، تتعلق بالاتصال والمخابرات وبالبت فى الأمور ، مضى ذكرها . ولكن المسألة ليست من السهولة بأن يكتفى فيها بالقول بأن السلسلة يجب أن توضع تحت رقابة واحدة . فبالدخول فى التفاصيل لا يلبث الداخل أن يصطدم بعقبات كالاحتكار ، وكلوائح الحكومات وملكيتها .

إن الإنسان يستطيع أن يتصور ، لأسباب خاصة لا تتعلق بالفن ، أن يكون من الضرورى وجود احتكار فى حقل خاص — احتكار شخصى يتضمن الرقابة والتمويل ، أو احتكار حكومى — . وعندئذ تكون علاقة ما

بين البحث العلمى ، وتنشئته ، ثم ما يقوم على البحث العلمى من صناعة علاقة داخلية بحتة . ولكن احتكارا كهذا يصعب فيه جداً تحريك القائمين بالبحث أو بالتنشئة وحفزهم إلى العمل بنوع من التنافس الفنى يقوم بينهم . إن التنافس الفنى جوهرى لازم فى البحث العامى ، من بحت وتطبيق ، لينفخ فيه الروح ، وينفخها قوية ، لزومه فى أى منشط آخر من المناشط الإنسانية .

أما إذا نظمت الصناعة بحيث كان بها جملة من هيئات مستقلة تنتج ، فقد لا تستطيع الهيئة الواحدة منها دفع نفقة معمل للبحوث ، أو نفقة فرقة تقوم بما تقتضيه البحوث من تنشئة وتنمية وتصنيع . ولهذه المشكلة حلان . أولهما أن تقوم الحكومة عن هذه الهيئات بالبحث وأعمال التنشئة ، وثانيهما أن يقام للبحث والتنشئة معهد أو معاهد للأبحاث خاصة ، يشترك فيها عدد كبير من المتنافسين على أساس تعاونى . والنقد الذى يوجه إلى هذين الحلين اللذين بهما تتمول البحوث ، أن السلسلة لا تقع كلها تحت رقابة واحدة ، وأن الاتصال وتبادل المخابرات يصعب فى هذه الحالات جداً ثم فيهما يفتقد عادة الرجل ذو السلطة الذى لا بد أن يقضى قضاءه فى أخطر الأمور عند ما يجىء حينها . وصعوبة أخرى ، إن نظاماً كهذا ليس فيه حافز للباحثين على البحث ، وذلك بانتفاء كل منافسة علمية أو فنية . من أجل هذا ، إذا اقتصر الإنسان على النظر إلى العوامل الفنية وحدها ، لم يجد خيراً من أن يقترح ، فى تلك الصناعات الواحدة الصغيرة المتفتتة ، أن يجمع شمل بعضها إلى بعض ، وأن تلم أشتاتها حتى لا يكون منها فى النهاية غير وحدات ست أو عشر تقوم بينها المنافسة الواجبة فى الحياة .

والواقع أنى علمت أن هذا كان المسلك الذى سلكه التاريخ فى بعض الصناعات ، فجمع منها المتفرق ، ولأم المتفتت ، لأسباب من بعضها ما ذكرت . إن من صالح الأمم أن يكون عندها ، فى حقل صناعى معين ، هيئتان كبيرتان قويتان ، تقوم بينهما منافسة قوية ، كل منها سيد فى نطاقه ، يتحكم وحده فى سلسلة الإنتاج من بدء دخولها إلى معمل البحث إلى ساعة خروجها إلى المستهلك فى الطريق .

الطب والصحة العامة : طيف من العلوم الطبية

إن هذا القرن لم يتميز فقط بثورة علمية وقعت فى الصناعة ، ولكنه تميز كذلك بثورة علمية وقعت فى فن الإنسان القديم ، فن العلاج . وعلى العموم يستطيع الإنسان أن يقول إن دخول العلم إلى الطب أحدث من دخول العلم إلى الصناعة . وخطر ما صنع «بستور» فى هذا الأمر خطر كبير لا داعى إلى إعادة ذكره . إن هذا الكيماوى الفرنسى عند ما دخل إلى العلوم البيولوچية اشتبك بفروع من العلم خرجت منها نتائج عملية لم تبعد يوماً عن أفكار الناس (صفحة ٢٩٧) . وحياة هذا الرجل حياة تقدم مثلا للحياة المنتجة أفخم الإنتاج . وقدم إنتاجها العلم فى ناحيتيه البحتة والتطبيقية.

إن العالم البيولوچى ، سواء كان همه فى الزراعة أو كان همه فى الطب (وكان بستور همه فى الاثنين معاً) ، استطاع أن يتنقل فى المائة من السنين الأخيرة على الأقل ، تنقلا سهلا ، من النطاق البحت إلى النطاق التطبيقى ، ومن التطبيقى إلى البحت » تنقل على كل حال أيسر مما

استطاع أن يتنقل الفيزيائى أو الكيماوى . وهذا الفرق يعزى بعضه إلى اختلاف فى علاقة المجتمع المدنى بالزراعة ، وبالطب ، وبالصناعة . إن الحكومات كانت دائماً أميل إلى معونة الزراعيين (ومنهم من يربون دودة القز ، وزارعو العنب لصناعة الأنبذة)[١] بإسداء النصائح الفنية إليهم ، منهم إلى معونة الصناعيين . إن الحكومات تعين المخترع بتسجيل اختراعه وحمايته لعدة سنين . وأنت إن بحثت عن مقابل هذا عند الزارع لوجدته فيما تشرف عليه الحكومات من بحوث تعطى نتائجها للزراع جميعاً لينتفعوا بها .

كتب داڤى Davy رسالته فى الكيمياء الزراعية فى أوائل القرن التاسع عشر . فلو أننا اتخذنا هذه الرسالة مبدأ لوجدنا الجهود تبذل من بعدها ، فى إنجلترا ، وفى القارة الأوربية ، وفى الولايات المتحدة ، للانتفاع بالكيمياء فى الزراعة ، وتبذل متصلة . ولفتت آفة البطاطس Potato blight ، والمجاعة التى سببتها فى إيرلندة[٢] ، لفتت الأنظار إلى علم الأمراض النباتية ، وعلم الأحياء الميكرووى microbiology ، الذى تقدم هكذا سريعاً فى يدى بستور وغيره من السابقين السباقين ، ولم يلبث أن جاء الزراعة بخير كثير . وفى هذا القرن الحاضر طبق علم الوراثة فكانت له نتائج تتكاثر كل يوم وتطيب . ويجب أن نذكر أنه فى ختام

---

(١) يشير المؤلف بهذا إلى ما شغل به بستور نفسه فى أول حياته ، فقد هرع إليه أصحاب هاتين الصناعتين يطلبون عونه ، فالدود أصابه المرض ، والنبيذ ، وهو من عنب ، أصابه الفساد .

(٢) هذه حادثة تاريخية وقعت فى إيرلندة عام ١٨٤٦ ، فقد أصيب البطاطس بها إصابة كادت تكون كاملة فحدثت مجاعة مذكورة لا تنسى .

القرن التاسع عشر كانت المحطات التجريبية الزراعية التى أنفقت عليها الولايات والحكومة الفدرالية بالولايات المتحدة . كانت أخذت تدخل إلى تربية الحيوانات وإلى طرائق استخدام الأرض ، فتؤتى ثمارها طيبة فى هاتين الناحيتين .

وكانت الكشوف العلمية والصور الذهنية التى استجدت فى علم الأحياء الميكرووى أكبر خطراً للجراح والطبيب منها لزارع المحصولات ومنتج الطعام . ولكن لم يتبين الناس أن أعمال الكيماوى الحيوى والفسيولوچى أخذت تتحول إلى العلم الطبي وتغيّره تغييراً كبيراً إلا فى القرن العشرين . واليوم لا يستطيع أحد أن يتصور أن مستشفى يكون بلا معمل . إن العلوم الطبية صنعت الأعاجيب فى ربع القرن هذا الأخير . وفيه تعاون الكيماوى ، والكيماوى الحيوى ، والفسيولوچى ، والبكتيريولوچى ، وعملوا جميعاً متعاونين مع الطبيب الإكلينيكى . وقلّت درجة الخبرة الفطرية فى علاج الأمراض عاماً بعد عام . ومع هذا فكثير من العقاقير ، وكثير من طرائق العمل ، ابتدعت بالخبرة ، بالسليقة ، لا بناء على طرق علمية مرسومة منظمة ، تدعمها من ورائها نظريات . والواقع أن الخبرة الفطرية فى علم الأقرباذين ، على الرغم من تسميتها الحديثة بعلم العلاج الكيماوى Chemotherapy ، لا تزال كبيرة المقدار ، ولو أنه فى هذا العلم ، فى العشر السنين الأخيرة ، ظهرت تصورات ذهنية علمية جديدة ، وأجريت تجارب رائعة تبشر بأن سوف يكون فى هذا العلم انقلاب بديع .

إن السلسلة التى ذكرناها فى البحوث الصناعية ، تلك التى تبدأ بالمعمل ، وتنتهى بالمستهلك ، لها نظيرتها فى الطب ، سلسلة تبدأ بالكيماوى

والباحث الحيوى ، وتنتهى بالطبيب المعالج . وأحب أن أنتقل من تشبيهها بالسلسلة إلى تشبيهها بالطيف الضوئى [١] . وأسميها بطيف العلوم البيولوجية . وفى طرف من هذا الطيف أضع الباحث العلمى الذى لا هم له إلا زيادة المعرفة العلمية لذاتها . وفى الطرف الآخر من هذا الطيف أضع الطبيب والجراح وكل رجل همه شفاء المريض ، وكذلك رجال الصحة الذين همهم منع المرض أن ينتشر فى الناس . إن مقابل معمل البحوث التطبيقية الذى فى المصنع ، نجده فى المدارس الطبية ومعاهد البحوث حيث يبحث الكيماوى الحيوى ، وعالم الأقرباذين والفسيولوچى والبكتيريولوچى ، ويبحثون معاً . ومقابل الفرقة الهندسية فى المصانع نجد القائمين بالبحوث العلاجية الإكلينيكية . وهنا ، كما فى الصناعة ، يصعب على الإنسان أن يرسم خطاً فاصلا بين هذه المناشط فصلا كاملا. بل على النقيض هذا الفصل غير مرغوب فيه ، إنما المرغوب أن يعمل الجميع فى تعاون وثيق ، فى أى موضع كان مكانهم من الطيف .

---

(١) الطيف الضوئى يتألف من موجات ضوئية تتدرج فى صورها الظاهرة للعين من الأحمر إلى البرتقالى إلى الأصفر إلى الأخضر إلى الأزرق إلى النيلى إلى البنفسجى . وهى موجات لا حصر لها تتزايد تدرجاً . والتدرج هذا هو الذى قصده المؤلف من تشبيهه .

الباحث وفق برنامج ، والباحث الطليق

إن التشبيه الذى جمعت به بين الصناعة والطب قد لا يرضاه طلبة الطب ، فهم يؤكدون أن عملهم فى الطب ليس إلا بحثاً علمياً بحتاً ، لا يقل فى صفته هذه عن عمل يقوم به زملاؤهم الفيزيائيون والكيماويون فى معاملهم . حتى الأطباء المعالجون كثيراً ما يتشبثون بأن ما يقومون به من بحث إنما هو بحث بحت . ولست أجد وقتاً أضيع من وقت ننفقه فى جدل غير مثمر لنبين ما يدخل فى نطاق البحت وما يدخل فى نطاق التطبيقى ، من أعمال تقوم فى الحقل الطبى ، أو أعمال تقوم فى الكثير من المصانع . إنى فى محاولة إيضاح علاقة ما بين هذين الجانبين من العلم ابتدعت فكرة السلسلة وفكرة الطيف . أما السلسلة فبدأتها من المعمل بالمصنع وختمتها عند المستهلك . وأما الطيف فبالبحث الطبى البحت ثم البحث التطبيقى . ومن السهل جداً فى الطب التعرف على الرجل الذى يبذل جهوده لغاية عملية قريبة ، كاصطناع دواء أو معالجة مريض . ومن السهل كذلك، بل مما لا يقبل الجدل القول ، بأن عالم الفيزياء النظرى ، الذى يولد النظريات فيما يختص بالزمان أو الفراغ ، أو الذى يدرس كيف يكون التجاذب والتنافر بين الأجسام ، رجل لا غرض له إلا تقدم العلم . وبين هذين الطرفين المتباعدين ، الطبيب المعالج ، والفيزيائى النظرى ، فى غضون تلك السلسلة ، أو غضون ذلك الطيف ، يستطيع كل فرد أن يدلى بحجته فيما يعمل ، فيطلب معونة المجتمع بسبب ما ينتج من نتائج

عملية نافعة ، أو ، وهو فى مزاج آخر ، بسبب ما ينتج من حقائق تتصل بالعمل البحت أكبر اتصال .

إن الذى جرى فى الجيلين أو الثلاثة الماضية أن الرجل الواحد عمل بالذى قدم العلم ، بصرف النظر عن تطبيقاته ، ومع هذا فهو فى نفس الوقت أعان ، بعمل آخر قام به ، فى تقديم فن من الفنون العملية . والمثل التاريخى لذلك ، فى البيولوجيا ، بستور . وفى الفيزياء قد نذكر اللورد كلفن Kelvin مثلا . وإذا نحن اعتبرنا قدرة الرجل العبقرى على الإحاطة بنطاق علمه كله ، من بحت وتطبيقى ، لم تعد بنا حاجة إلى أن نقوم إلى معمله ، فى زمن معين ، فنكتب عليه أكان هذا المعمل ، فى هذا الوقت ، للعلم البحت أو العلم التطبيقى . كذلك المعمل فى الصناعات فى هذا العصر الحديث قد يجمع بين الصنفين . وكذلك معمل فى مدرسة طب أو معهد . والذى يهم المستهلك من كل هذا هو وحدة السلسلة واتصالها ، والنشاط القائم عند كل حلقة من حلقاتها . والذى يهم المريض من كل هذا هو اتصال الطيف الذى عليه يبنى شفاؤه وتطيب صحته .

إنى أخشى أن أكون ملأت هذا الباب بالتعاريف اعتباطاً ، ومع هذا أود أن أزيد معنى آخر يتصل بالبحث العلمى ، وهو معنى فى رأيى خطير لأنه يتصل بالمعونات التى تعطيها الصناعة إلى العلم ، ويعطيها الخيرون وتعطيها الحكومات . إن العالم الهاوى الذى كان منذ قرن مضى ، والباحث الذى كان يعمل وحده ، كانا فيما يختارانه من بحث كالريح انطلاقاً . كانا يختاران اليوم أو غداً من البحث ما يشاءان ، يركزان عليه

فكرهما ويصرفان فيه مجهودهما . حتى المعهد الأول للبحث ، المعهد الملكى Royal Institute ، وكان يعمل فيه رجل فرد واحد ، من العباقرة ، لم يكن له برنامج . وأراد فراداى Faraday أن يرضى القائمين على شئون هذا المعهد فأعطى محاضرات للجمهور عامة كانت فى غاية الروعة ، وأرضاهم برفع سمعة المعهد بالبحث ، تلك السمعة التى كان أسسها من قبله سلفه ، السير همفرى داڤى Davy . والحق أن حياة فراداى مثل رائع للرجل الباحث الذى لم يقيده شيء . الباحث الطليق كما أود أن أسميه ، وهو تنقل بين الكيمياء والفيزياء ، وتنقل بين مختلف فروع هذا العلم الأخير . كذلك بستور كان باحثاً طليقاً عند ما بدأ ، ولكنه لما شاع ذكره ، وأسسوا معهداً مونوه وجهزوه له خاصة ، أخذ رويداً رويداً يتقيد بتطبيق العلم لغاية خاصة ، تلك تحسين أجسام بنى الإنسان . وحمله المجتمع ، وهو لا يكاد يدرى ، على إغلاق الباب بينه وبين بحوث كان بدأها فى الكيمياء شاباً تتعلق بالنشاط الضوئى لبعض المركبات العضوية .
إن الرجل ، وإن المعمل الذى يتعهد بدراسة مساحة محدودة من حقل علمى مهما يكن الهدف من هذه الدراسة ، كلاهما قد ربط نفسه وقيد حريته وارتبط ببرنامج . برنامج يتحدد واسعاً ، أو يتحدد ضيقاً ، ترسم حدوده منحة من مال ، أو عقد وإمضاء ، أو حتى بالشيوع والذيوع ، جاء هذا عن أغراض أعلنت . أو بمكتشفات مجيدة سوابق ، للباحث أو للمعهد ، وقعت . وعنه عرفت أن مناشط البحث ، فى ميدان العلم البحت أو ميدان الاختراع ، قد اتسمت فى هذا القرن العشرين بسمة البرامج ، تربطها وتقيدها . والباحث الطليق كاد يكون كالعنقاء لا وجود له ،

وقوته التى كانت تحس فى تقديم الفنون العملية قد اختفت فى أكثر من حقل .

وصار اليوم واجباً على كل شركة صناعية ، وكل مستشفى أو معهد بحث ، وكل رئيس لقسم فى مدرسة طب ، صار واجباً عليهم أن يرسموا من عام لعام خطة للبحث ، على أى سعة أو أى ضيق يكون ، وكم يكون فيه من العلم البحت. إن «ميس »C.E.K. Mees[1] يفرق فى المعامل الصناعية بين المعامل ذات الهدف الواحد والمعامل ذات الأهداف المتعددة . ولكن حتى فى هذا النوع الثانى لا تستطيع هيئة صناعية إلا أن تفرض على رجاله شيئاً من التحديد . إن قليلا من الصناعات تستطيع أن تبرر مجهوداً تبذله فى تقديم العلم فى نواح بعيدة عن أهدافها هى الصناعية ، إلا أن تهدف عمداً بأن ترفه عن علمائها بشىء من البحث الكمالى الممتع من العلم . كذلك أستاذ الكيمياء الحيوية بمدرسة طبية لا يستطيع أن يتبع هواه إلى بحث فى العناصر النادرة يصرف فيه كل مجهوده لسنوات ، إذاً لنظر له زملاؤه الأساتذة نظراً شزراً بحسبان أنه تركهم يجدفون بالسفينة وحدهم . ومع هذا فمن الجائز جداً أن يقع هذا الكيماوى الحيوى فى بحثه العادى على دليل يقوده ، لو اتبعه ، إلى غير حقله الذى يعمل فيه . فهكذا انكشفت كثير من الكشوف الهامة فى العهود الماضية (صفحة ١٥٧) ، انكشفت كشف مصادفة غير مقصودة . إن العالم الباحث الهاوى كان من الحرية بحيث لم يكن له حد يحده ، ولو بعيد ، وهو الذى

---

(١) هو الدكتور كنث ميس ، وكيل رئيس شركة كوداك ، بالولايات المتحدة ، وهو المشرف على بحوثها .

بيديه وضع أساس هذا العلم الحديث .

إن الذى يستعرض تاريخ العلم ، ويدخل فى استعراضه العلم الحديث الحاضر ، لا يكاد يتردد فى القول بأن الخير فى ألا يتقيد الباحث فى بحثه كل القيد وأن هذا القيد كلما خف صلح بذلك العلم ، على شرط أن يكون الباحث موهوباً جم النشاط . ذلك لأن من واجبات الأمم الحرة اليوم أن تستمر فى تقديم العلم . فإذا نحن سلمنا بالذى أقول ، لكان من النافع أن نبحث عن العوامل التى دفعت بالبحوث إلى أن تكون ذات برنامج تخضع له . وأول هذه العوامل المال . إن التجريب الحديث فى الفيزياء والكيمياء وعلم الأحياء عالى النفقة . ولن تجد إلا النادر من الرجال الذين يستطيعون وحدهم أن ينتجوا أنتجة فى العلم قيمة بأجهزة عتيقة أو أجهزة مما يقترضون . إن كل الذى يعملون فى العلم اليوم يقررون أن البحث العلمى لا بد له اليوم من ميزانية كبيرة ، تسد نفقات أجهزته من ثابتة ومستهلكة ، ولا بد له من الفرق من الرجال تقوم بأعبائه . وقد صار اليوم أمراً عادياً أن نجد رئيس فرقة نشيطا له ميزانية للبحث تبلغ عشرة أضعاف مرتبه . إن الفرقة فيها تركيز كبير للمجهودات الفنية للرجال الكفاة . هذا إذا ما اعتبرنا الرجال . أما إذا نحن اعتبرنا ما تحتاج إليه الفرقة من مال ، فإنا لا نعدم أبداً من يسأل : « ولكن ، قل لى بالله عليك ، من يدفع هذا المال؟ » ويجىء من يدفع المال ، أو من عليه تبعة دفعه ، فيسأل فى دوره « وفى أى شىء ، ولأى شىء تنفقون هذا المال ؟ » . وبناء على هذا وجب على كل معمل ، حتى المعامل التى ليس لها أهداف عملية ، أن ترسم لها برنامجاً تقدمه وهى تطلب لنفسها المال . ويعطى المال مقروناً بهدف للعمل

معين . وبقبوله يصبح الباحث مقيداً . وبحثه يصبح بحثاً ذا برنامج .

والعامل الثانى الذى يزيد فى البحوث المقيدة ذات البرامج أن الرجل الباحث يدخل إلى الأبحاث وهمه فى البحث منها ، فلا يلبث أن يعجبه ويستهويه الجانب العملى منها . يقع هذا فى الكيمياء وفى الفيزياء . ومخرجهما العملى إلى الصناعة . ويقع هذا أكثر ما يقع فى العلوم الطبية والبيولوچية ، والإغراء دائماً قائم بأن يتزحزح العالم عن طرف الطيف البحت إلى طرفه التطبيقى . وأسباب الإغراء كثيرة . منها ما هو مالى . فالباحث يجد أن مستوى معيشته يرتفع إذا هو تحول إلى المسائل التطبيقية ، إما بانتقاله إلى معمل صناعى ، أو بأن يعمل مستشاراً له أجر لاستشارته كبير . ومنها هذه الأسباب ما يكون مالياً ، ولكن غير شخصى . إن ميزانية البحوث التطبيقية للبرامج العملية فى العادة أكبر من الميزانيات التى تخصص لتقديم العلم . ومن الأسباب ما يتصل بالسمعة بين الجمهور ، وأثر عمل العامل فى الرأى العام ، أن العلماء الذين لا يطلبون جزاء أبداً عن مجهودهم قل عددهم من زمن حتى لا يكاد يعد منهم اليوم إلا القليل — ان النزاع حول الأسبقية إلى الكشوف مثل يثبت ما أقول — . والواقع ما هو الدافع الذى يدفع رجلا ، فى منتصف القرن العشرين ، فى الولايات المتحدة مثلا ، إلى أن يبذل عمره كله فى البحث العلمى فى مناطق أبعد ما تكون عن الحياة الجارية وعما يجرى فيها من أعمال ؟ ومن من الناس يبالى ، نجح مثل هذا الرجل فى مجهوده أو أخفق ؟ إلا أن يأتى كاتب أو صحفى يكتب للجماهير فينفخ فيما صنع هذا الرجل نفخاً يفزعه هو من بعد ذلك إذا قرأه .

ورجل الشارع قلما يذكر أن الرجال الذين يبذلون أعمارهم لتقديم

العلم ، دون نظر إلى هدف عملى ، إنما يقامرون أكبر مقامرة . ذلك أن نجاحهم أو فشلهم يتوقف على ما يبتدعون من صور ذهنية فى العلم جديدة ، أو على ما يوسعون به مشروعاً تصورياً قائماً ، أو على ما يكشفون فى تجاربهم عنه من حقائق تثمر . لا منافع مادية ، ولكن منافع ذهنية علمية . ولهذا الغرض الأسمى ، الغرض الذى يهدف إلى تقليل الخبرة البدائية فى محصول معارفنا ، يدعى كل الناس . يدعى كل رجل دخل العلم مهنة ، ولكن لن يختار منهم للوصول إلى هذا الهدف إلا القليل . لا يختار إلا أولئك الذين قضوا سنوات كثيرة فى هذا الصنف من الأعمال . أولئك الذين يدركون أى المخاطرات يختارون ، ويدركون وقع ما اختاروا على ما بهم من أحاسيس . وما بهم من عواطف . لا عجب إذاً إن رأينا هجرة العلماء قائمة فى العشر السنوات الماضية متصلة . من طرف الطيف إلى طرفه الآخر ، حيث الحظوظ أكثر وأكبر ، فى الحقول العملية ، وحيث الجزاء يأتى عاجلا فى صور من التقدير مختلفة .

ونحن يجب أن نعترف بأن هذه الهجرة ، فى بعض الأحوال ، نافعة ذات خطر فى المجتمع . إن المجتمع فى حاجة إلى رجال من الطراز الأول على طول « السلسلة » الصناعية ، وعلى طول « الطيف » فى العلوم الطبية . وتزويد المجتمع بهؤلاء الرجال لا بد أن يأتى بهجرة رجال العلم البحت ما دام أن متخرج الكليات العلمية ، بحكم دراسته ونشأته . يبدأ حياته العلمية فى النطاق البحت . ولكن إذا صح ما أقوله . وصح أن التاريخ يعززنى فيه . وهو أن الثورات التى حدثت فى العلم ، والفكر الأولى التى تنبتت وازدهرت فكان منها العلم الحديث . إنما جاء بها رجال بحاث

طليقون غير مقيدين . إذاً فالحالة الحاضرة ، من حيث انصراف العلماء عن الحقول البحتة إلى الحقول التطبيقية ، تحمل أخطاراً للمستقبل كبرى ، لمستقبل العلم فى الولايات المتحدة . إن من السهل القول بأن الرجل العالم ، حتى إذا قام يبحث فى النطاق التطبيقى ، فهو ، إذا بدرت له بادرة فى أثناء بحثه تتصل بالنطاق البحت فهو لا شك متتبعها حتى يقضى منها وطراً . ولكن هذا قول يناقضه ماصنع ذلك الكيماوى القدير ، ذو الضمير ، رئيس مصلحة حكومية ، فهو لما عثر على طرف الخيط الذى لو اتبعه لأوصله إلى كشف الغازات النادرة ، أبى عليه ضميره أن يتابعه[1] . وفاته بذلك أن يكون مكتشف هذه الغازات وهو شرح لنا لم فاته هذا الاكتشاف (صفحة ١٧٤) . « إن الفرص تأتى العقول المتهيئة للقائها » ، ولكن لا يتبع هذه الفرص من العقول إلا تلك التى هيأها المجتمع بصنوف من التنشئة الاجتماعية معقدة ، حتى صارت تحتمل أعقاب أكبر مقامرة بالجرى وراء أثر علمى لا يؤدى بمقتفيه إلى شىء سوى معرفة نظرية لا تفيد إلا ذوى العقول من العلماء .

الدور الذى تلعبه الجامعات

بالطبع لا بد أن نعترف فى غير تردد أن هناك رجالا كثيرين ، يعملون فى فرق للبحث ويحسنون ، ولكن ليس لهم صفات الكشاف

(١) يشير إلى الكيماوى الأمريكى ، هلبراند ، وما وقع منه ، على ما حدثنا به المؤلف بصفحة ١٧٤ .

السابقين . كذلك يوجد بحاث فى العلم طليقون ، لا يتقيدون ببرنامج ، لم يؤدوا للعلم شيئاً جديداً سوى مجموعة من حقائق تضاف إلى خزائن العلم . فهؤلاء كانوا أكثر إنتاجاً ، وأفعل إنتاجاً ، لو أنهم انضموا إلى فرقة وعملوا وفق برنامج أحسن رسمه وتخطيطه . ولكن ، إن كان العلم منذ خمسين عاماً أعمالا فردية بالغة الفردية ، لايجمعها نظام ، فكان العلم بذلك أقرب إلى الفوضى ، فالخطر الذى يصيب العلم اليوم يأتى من نقيض ذلك . حقاً إن من المعامل الصناعية ما قد يأذن لرجل بحث أن يعمل فيه . رجل يستطيع بعلمه النظرى أن يخرج عن الطريق المعبد إذا لمح صيدا سميناً عن يمينه أو يساره فيصيد و يقتنص . وكذلك قد يأذن بذلك معهد البحث المرتبط ببرامج من النوع العريض الغايات نوعاً ما . ولكن موضع الباحث الطليق الحق إنما يكون فى الجامعات . و بما أن صناعتى قد تجعلنى متهماً فى قولى هذا ، فأنا أسوق شهادة رجل ، مدير ناجح فى البحوث الصناعية ، هو الدكتور ميس Dr. C.E.K. Mees ، نائب الرئيس لشركة كوداك ايستمان Kodak Eastman Company ، وهو القائم على بحوث هذه الشركة . قال فى كتابه « تنظيم البحوث العلمية الصناعية » The Organization of Industrial Scientific Research ، وهو يتحدث عن الإنتاج العلمى :

« إن المؤسسة التى يعتمد عليها كل شىء آخر ، هى مجموعة الأقسام العلمية فى الجامعات . وهى تختلف عن سائر المؤسسات بأنها لا تتقيد ، ولا يجوز أن تتقيده ، بشىء يأتيها من خارجها ، وبأن لها الحرية المطلقة فى اختيار موضوعات بحوثها. إن من الجامعات تخرج أكثر الأفكار الجديدة

التى بها يتقدم العلم . ذلك لأن سائر المؤسسات غيرها ،بها شىء من قيد ، وسيكون دائماً عليها بعض الحجر ألا تعمل فى حقل غير حقلها المخصص لها » .

وأزيد إيضاحاً لهذا القول المختصر عن دور تقوم به الجامعات فأقول إن التقاليد الطويلة أعطت لأستاذ الجامعة حرية كاملة من حيث مناشطه العلمية . وهو لا يلبث أن يستقر فى منصب بالجامعة دائم حتى يصبح عضواً دائماً فى جماعة علمية هدفها فى الحياة التعليم وزيادة العلم . ويصبح واجبه الرسمى التعليم ، وواجبه الأدبى البحث العلمى ما استطاع اليه سبيلا . ومعنى هذا أنه إذا دخل من بحثه إلى مأزق لم يدر كيف يخرج منه ، وإذا هو بقى فى هذا المأزق قابعاً عاماً ، أو عشرة أعوام ، أو حياته كلها ، فهذا شأنه هو لا يحدثه فيه أحد . إن أقرانه ، أولئك الذين نالوا مناصب دائمة مثله ، فصاروا أعضاء فى هذه الجماعة طول العمر كما صار ، سيأسفون لا شك لعقمه ، ولكنهم لا يستطيعون أن يفعلوا فى ذلك شيئاً . وبما أن واجبه مزدوج ، فهو تعليم وبحث ، أحدهما مفروض والآخر أدبى ، فهو قد يجد مخرجاً إلى الهناءة ، وتعويضاً عما افتقد فى البحث ، فى التعليم . بهذا عوض كثير من الأساتذة الذين لم يفلحوا فى البحث (أو ساء حظهم فيه) . وهذا الوضع هو من بعض الأسباب التى مكنت للجامعات أن تكون هى المواضع الوحيدة الباقية التى يقصدها طالب البحث العلمى البحت فيجد فيها رزقاً طيباً ، بالتعليم أو بالبحث أو بكليهما .

إن هذا الذى قلته يصدق على كل عضو ثابت من أعضاء هيئة

التدريس ، ولكن قد تنشأ ظروف تقضى بالتضييق على هؤلاء الباحثين فى بحثهم . يظهر هذا عند ما يقتضى البحث أجهزة غالية الثمن ومساعدين فى البحث كثيرين . أعنى عند ما يقتضى البحث الكثير من المال . وهذا المال لا يعطى ، سواء أعطته الجامعة ، أو أعطته الحكومة أو غير الحكومة على صورة منح وإعانات ، إلا إذا ارتبط إعطاؤه ببرنامج يرسمه الأستاذ ويقدمه . وهو إذ يقبل المال مرتبطاً بهذا البرنامج يصبح مقيداً بخط السير الذى رسم ، مفروضاً عليه تقديم الحساب عن النتائج . وهذا الفرض ، وهذا القيد ، ليس حتما أن يكون ضاراً ، ولكنها فروض وقيود على أية حال ، تحد من حرية الباحث . وهما قد لا يميلان به إلى ناحية التطبيق ، ولكنهما كثيراً ما يفعلان ، وأستطيع أن أضرب الأمثال لتوكيد هذا . نعم إن الفلكيين يظهر أنهم فى سنين مضت استطاعوا أن يجروا أبحاثاً ، يجندون لها البحاث ، ويأتون لها بالغالى من الأجهزة ، واستطاعوا مع هذا ألا ينحرفوا عن خططهم فى البحث انحرافاً ذا بال . ولكن يجب فى هذه الحالة أن نذكر أن الفلكى لا يستطيع أن يتحول إلى بحث تطبيقى . إن فى الفلك لا يوجد البحث التطبيقى .

مما سبق ينتج أنه لا بد أن يكون فى مناصب الجامعات إغراء . ونوع هذا الإغراء يكون عند العالم القح فى الفرص التى تهيأ له فى الجامعة ليعمل العمل الذى تحبه نفسه ، وأن يعمله فى أى وقت وكل وقت . ولهذا العالم يجب أن تعطى الحرية أكبر الحرية فيما يختط من عمل ، وألا يربط إلا أقل ربط بأى برنامج . والمنحة التى تعطى له ، يجب أن تعطى للرجل لا للبحث . ويجب أن يقال دائماً للذين عندهم المال يفرقونه على الأبحاث لإعانتها :

«لا تنظروا عند تقديركم المال إلى برنامج البحث ، ولكن انظروا إلى الرجل المقترح للقيام به . لا تقامروا على الموضوع ولكن قامروا على الرجل وككل مقامر ناجح لا تقامروا بالقليل . لا تبعثروا مالكم فى كل صوب فلا يكون حظ الرجال منه إلا التافه القليل» .

إنى أرى أن البندول اليوم فى خطر أن يتأرجح إلى الناحية البرنامجية القصوى ، إلى ناحية البحث المنظم الذى يربط بالبرنامج ربطاً . إن من الناس من يميل إلى البرامج فى البحث خشية إفساد الاشخاص من طلاب المنح ، فلهؤلاء أقول إن الحال فى العلم كالحال فى الصناعة ، لا تستقيم إلا بالمنافسة . وفى الأبحاث البحتة ، كما فى الأبحاث التطبيقية ، لا بد من إيجاد مراكز للأبحاث قوية (مدارس طبية ، أو مستشفيات ، أو معامل جامعية ، أو معاهد أو محطات أبحاث) . فى هذه المراكز سوف تبحث الإدارات الرشيدة عن أحسن البحاث تضعهم فى مواضع التبعة ومواضع الزعامة ، وبذلك تحتدم المنافسة ويتميز الرجال . فاذا جاءت المنح إلى هذه المراكز جاءت بطبعها إلى الرجال لا على البرامج . وقد أرى أن الجهات الخيرية آخذة عاماً بعد عام فى اتباع هذه السياسة أكثر فأكثر ، على الأقل فى العلوم الأساسية من كيماوية وفيزيائية وبيولوجية . وهم باتباعهم هذه السياسة إنما يتبعون ، واعين أو غير واعين ، أنموذجاً استقر فى ألمانيا فى عهدها العلمى الذهبى ، بين عام ١٨٥٠ إلى عام ١٩٣٣ . فهناك كانت المنافسة القائمة بين عشر أو أكثر من الجامعات هى العامل الأول فى نقل الأمة الألمانية إلى موضع الزعامة العلمية بين الأمم . ولست أنكر أنه كان هناك وجوه غير مستحبّة ، يؤسف لها ، فى التعليم العالى فى عهد

ألمانيا الإمبراطورى . ولكن من حيث تقدم العرفان ، لم يكن فى الأجواء العلمية ، أجواء المعارف والآراء ، جو يضارع ذلك الذى كان فى الأمم التى كانت تتكلم اللغة الألمانية فى القرن التاسع عشر .

لماذا نطلب للعلم زيادة من مال ؟

إن الجمهور الأمريكى يظهر فى عمومه أنه مقتنع بضرورة بذل مقادير من المال عظيمة للبحث ، لفائدة الصناعة والطب وللتجهز للحرب — عن هذا الأخير سوف أتكلم فى الباب القادم — . ولكنى أجد عند القائمين على أمر هذا المال يبذلونه للبحث ، سواء من موارد حكومية أو موارد خاصة ، أجد عندهم تردداً عند ما يكون البذل لبحث بحت ، أو أجد خلطاً عندهم بين البحث وغير البحت . ولقد سبق أن أشرت إلى أسباب هذا الخلط . إنها جاءت من خلط العلم البحت بالاختراع فى الصناعة الحديثة .

إن الأسباب التى تدعو المجتمع الحر أن يعاضد الأبحاث العلمية بالمال كثيرة ومختلفة ، والباحث العلمى نفسه يميل إلى أن يحتج فيقول إن الأمة المتمدينة لا بد أن تناصر رجال العرفان فيها تماماً كما ناصر الأمراء فى عهد النهضة الأوربية الفنانين والكتاب . وحجة كهذه تشف عن روح العالم الهاوى ، عالم القرنين السابع عشر والثامن عشر ، وهى تقترب أحياناً أقرب اقتراب من القول بحب « الفن للفن ذاته » . وحجة كهذه ،

يلتزمها بعض صنوف من البحاث ، لعلها تعين جوهرياً فيما هم قائمون فيه من أبحاث. ولا أود أن أعارض حجة كهذه إذا ما وضعت موضع الجدل . ولكن المجتمع قد يحتمل الناس الذين يقولون إنهم يعالجون العلم للعلم ، بل قد يمدحهم ويشيد بذكرهم ، ولكن عند ما يطلب إلى هذا المجتمع أن يخصص تلك الأموال الكبيرة التي تحتاج إليها بعض البحوث البحتة ، يتحول وينظر إلى المسألة نظرة أخرى مختلفة كل الاختلاف .

إن دراسة تاريخ الثلاثمائة من السنين الماضية تعطى الدارس حججاً أقوى لا تلبث أن تلين لها عريكة المواطن الذى لا يكاد يلين لشىء، ذلك الذى لا يفتأ ينظر إلى المال الذى ينفق بعين حذرة ساهرة . إن سجل التاريخ واضح : إن مجهودات هؤلاء الرجال الذين لم يكن همهم إلا تقديم العلم هى التى جاءت لنا بالأفكار ، وبالكشوف ، وبالأدوات الجديدة التى خلقت لنا هذه الصناعات الجديدة ، وقلبت تلك القديمة رأساً على عقب . أو بلفظ هذا الكتاب الذى جريت على التعبير به ، أقول إن خفض « مقدار الخبرة البدائية » ، حتى فى العلوم البحتة ، أثمر أخيراً تلك التكنولوچيا التى فعلت لهذه المدنية مافعلت . أما عن الكشوف فيكفى فيها أن أذكر بأن الصناعات الكهربائية الحاضرة ما قامت إلا على ظاهرة المغناطيسية الكهربائية ، تلك التى ظهرت أول ما ظهرت فى تجارب أجراها العلماء فى أوائل القرن التاسع عشر . ولكن أعود فأقول إن الجمهور قد يحار بين كشوف جديدة تكشف فى سبيل تقدم العلم ، وبين ما يخترعه المخترعون مما ينفع مباشرة فى الحياة . والسبب فى هذه الحيرة أن العلم امتزج اليوم بالاختراع ، وقام فى الصناعة معمل البحوث التطبيقى ، وإلى

جانبه قسم التنشئة الهندسى ، وقام كلاهما فى الصناعة الحديثة مقام المخترع القديم . ومن أجل هذا إذا أنت طلبت إلى مواطن ما ، أو إلى زمرة من سواد الناس ، مالا للبحث التطبيقى ، فما أسرع ما يستجيبون . أما إذا طلبت مالا للبحث البحت ، فما أسرع ما يسألون : ولماذا نعطى مال الدولة أو مال الخيرين لجماعة من البحاث لا يهتمون أقل اهتمام بإدخال العلم إلى الصناعة ، أو إلى الطب ، أو إلى الزراعة أو إلى الدفاع القومى ؟

وجواب هذا السؤال يجدونه فى التاريخ الحديث لكثير من الصناعات . إن العالم التطبيقى قائم قاعد ينتفع بكل جديد يخرجه العالم البحت الذى لا يعمل إلا لتقديم العلم . وهو لن يمضى عليه وقت طويل حتى يجد أن الصور الذهنية العلمية التى ابتدعها العالم البحت ، تلك التى كان يتمون بها منه ، قد فرغت ، فيقف حيث هو من بحثه التطبيقى كلاً لا يعمل . ويظل حائراً حتى يأتيه المدد ، صوراً ذهنية جديدة ، أومشروعات تصورية ، أو جهازاً جديداً ، أو أسلوباً من أساليب العمل جديداً ، ومن أين يأتيه هذا ؟ يأتيه فى كل تسع مسائل من عشر ، من المعمل الذى وهب كل مجهوده للبحث العلمى البحت . والمهندس الذى ينشئ الفكرة العلمية التطبيقية ، سوف يعود إلى باحثه التطبيقى، ثم يعود . ولكن يأتى وقت يجد أنه لا فائدة من العودة . لأنه نضب ما عنده . نضب ما عند الباحث من وقود عزيز ، هو وقود البحث التطبيقى والاختراع — تلك الآراء الجديدة، والجديد من أنتجة التجارب .

إن حكاية مكلورن Maclaurin عن نشأة صناعة الراديو تمثل

الدور الذى لعبه العلم والتكنولوچيا معاً فى صناعة هى من إنتاج هذا القرن الحاضر. كذلك الأبواب الأولى من كتاب هوارد F.A. Howard عن نشأة الزيت وصناعة المطاط الصناعى تضرب نفس المثل ، ولكن بإحلال الكيمياء محل الفيزياء، بحسبانهما العلم الأساسى الذى لعب فى هذه النشأة . والحق أنه لم يكن مصادفة أن أكثر من نالوا جوائز نوبل فى الكيمياء كانوا من الألمان ، وأن ألمانيا هى هى التى سبقت إلى إنتاج زيت البترول المخلّق Synthetic من الفحم ، وإلى إنتاج المطاط المخلق الصناعى أيضاً . إن الكيمياء العضوية ، الجانب النظرى منها والجانب التطبيقى ، مشى كلاهما فى ألمانيا يداً بيد ، من عام ١٨٦٠ إلى الحرب العالمية الثانية. وإن كان الماضى دليلا على المستقبل ، وجب على الأمة التى تريد أن تسبق فى التكنولوچيا ، أن تسبق فى العلم . فهذا جواب حاسم قصير لمن يسأل ، لماذا نطلب للعلم زيادة من مال ؟

الباب الثانى عشر

العلم والاختراع والدولة

إن أثر العلم البالغ فى الصناعة وفى الطب فى هذا القرن كان له نتائج عظمى ،فى الدائرة السياسية . والشىء العلمى أو الصناعى أو الطبى الذى كان أولا من اختصاص المؤسسات الخاصة قد نال من هم الدولة رويداً رويداً . واليوم صارت الجماهير فى الأمم الديمقراطية تعلم ما هو العلم، وماهو الاختراع ، وتهتم لهما ، ويزيد اهتمامها على الأيام . وفى غير الأمم الديمقراطية ، فى الأمم الدكتاتورية ، تلك التى تمسك حكوماتها بزمام كل أمر فى الدولة، كان من رؤسائها من فطن إلى ما للبحث العلمى من خطر. والأموال الهائلة التى أنفقتها الحكومة فى الولايات المتحدة ، عن طريق وكلائها العديدين ، فى البحوث ، أثناء الحرب العالمية الثانية ، ضربت مثلا جديداً بأن يغير من صور الأشياء بالموطن الأمريكى . إن الدافع على النفقة أثناء الحرب كان بالطبع تنفيذ البرنامج الحربى– وهو قد تضمن أشياء كثيرة جداً غير إنتاج الاسلحة ، فقد كان البحث الطبى ذا خطر كبير فيما يختص بالقوات المحاربة — . وفى هذه الأيام الحرجة ، منذ عام ١٩٤٥ ، استخدمت الأموال التى تجبى ضرائب من الناس ، لتعين البحث العلمى ، وما يتبعهمن تنشئة ومن تصنيع . أنفقت منها مقادير تعد طائلة إذا هى قورنت بالذى كان ينفق من أمثالها من قبل حرب . وأكثرها

أنفق فى التنشئة الهندسية أو فى الهندسة الإنتاجية . ومع هذا فقد أنفقت ملايين كثيرة من الدولارات لإعانة برامج فى الأبحاث البحتة والتطبيقية فى الجامعات وفى معاهد للبحث مستقلة . وناب عن الحكومة فى القيام بهذه النفقة والرقابة عليها هيئات كثيرة تأتى فى مقدمتها ثلاث : مؤسسة الدفاع القومى National Defense Establishment (الجيش والبحرية والطيران) ؛ ووكالة الطاقة الذرية Atomic Energy Commission ، وهيئة الصحة العامة Public Health Service . وإلى هؤلاء يجب أن نضيف اليوم المؤسسة العلمية القومية التى تأسست بقرار من الكونجرس الأمريكى فى ربيع عام ١٩٥٠ .

إن الحكومات لا يمكنها فى العصر الحاضر أن تغفل فلا يكون لها هم كبير بالعلم وبالذى فيه يطبّق العلم . فالحكومة يهمها تشجيع الأبحاث الصحية ، والأبحاث الطبية ، والتجارب الزراعية ، تعينها بشتيت من الطرائق . أما الأبحاث التطبيقية وأعمال التنشئة الهندسية فى الحقول الصناعية فإنفاق الحكومة عليها من ضرائب يدفعها المواطن أمر يختلف فيه الرأى كثيراً . وهو يختلف كذلك بين الأمم . فالأمة التى ترمى إلى تأميم أكثر الصناعات بها لها رأى يختلف عن أمة ترى أن تكون الصناعة ملكاً لأفراد الشعب وجماعاته . إن الأمة حتى الحرة ، ذات المجتمع الحر ، إذا هى أرادت أن تضع عدداً هاماً من صناعاتها تحت مراقبة الحكومة ، تحت سلطانها ، كما يظهر أنه الحال فى بريطانيا العظمى ، فقد أوجبت على حكومتها بمقتضى هذا أن تتدخل فى إدارة الأبحاث الصناعية وأعمال التنشئة والتصنيع . وقد يعجب الأمريكى ، وهو يرقب ما يجرى عبر

المحيط فى بريطانيا ، فيسأل : ما الذى يحل بعد التأميم محل المنافسة التى لا بد أن تكون بين رجال الصناعات والبحوث لتدب فيهم الحياة قوية دفّاقة؟ وأى الدوافع وأى الجوائز سوف تبتدع لتشجيع الاختراع والتجديد فى مجتمع سيطرت الاشتراكية على اقتصادياته سيطرة كبرى ؟ إن هذه أسئلة ذات معنى . وهى أسئلة تسوق إلى أسئلة أخرى تتصل بسلطان الحكومة على البحوث التطبيقية ، وسلطان وكلائها ، وأخيراً تتصل بعلاقة الصناعة ذاتها بالدولة . إن رأى المركسيين فى مستقبل العلاقات بين العلم والمجتمع معروف ، صاغوه فى عبارات محددة مشهورة ، وهو رأى يناقض رأى قوم يرون الاقتصاد ربحاً وخسارة .

إنه منذ بدأت الثورة الصناعية كانت المنافسة هى السائدة فى العالم الغربى فى أكثر الأوقات . وكان عمل الحكومات مقصوراً على حماية الاختراعات الجديدة، تحميها بالتسجيل ، وإلى عدد من السنين . إن قصة التسجيل هذه ، والذى كان للمسجلات فيها من خطورة ، وكان فى نظام التسجيل من صعوبات ، جديرة بأن تكون قصة فنية شائقة تضم كثيراً من تواريخ اختراعات هامة . وقد يبدأ كاتبها بمخترع الآلة البخارية الأولى ، وط Watt ، وينتقل من هذه إلى كثير من مخترعات القرن التاسع عشر ، وهو منته فى القرن العشرين بالصناعتين الكبيرتين اللتين سبق ذكرهما ، صناعة الراديو وصناعة المطاط الاصطناعى . وهذه القصة ، لو أنها كتبت ، لأظهرت أنه رغماً عما كان فى التسجيل من صعوبات ، وما كان فيه من سوء استعمال بسبب طبيعة ذلك النظام ، فالتسجيل كان له أثر بالغ فى تنشئة الصناعة الحديثة وتنميتها . أما أن

نظام التسجيل فى حاجة إلى الإصلاح فأمر لا يختلف فيه الكثير . ولكن الذى سوف يختلف فيه الكثير هو ما قد يقترح من إصلاح . لقد دلت التجارب على أن الاتفاق على تفاصيل الإصلاح صعب عسير . ولا ينفع فى حل المشكل جمع المؤتمرات بسبب ما فى الموضوع من عقد قانونية كثيرة ، وبسبب ضخامة ما لا بد لعضو المؤتمر من معرفته فى كل مثل يضرب .

إن تسجيل المخترعات هو فى الأصل ، طبعاً ، نوع من الاحتكار الشديد يعطى لصاحب الاختراع لعدة من سنين . وهى حماية لولاها لبقى كثير من الأفكار الصناعية رسوماً على ورق فلم يتم تصنيعها قط . والمال اللازم للتصنيع ما كان فى استطاعة أحد أن يجمعه لولا حماية الحكومة . وهى حماية لصاحب الاختراع ، وحماية لباذل المال للتصنيع . وإذا قلنا صاحب الاختراع فما نقصد به فرداً ، فالمخترع الفرد ذهبت أيامه ، وحلت محله فرق البحوث ، وهى تتضمن العلماء والمهندسين معاً . فالحماية التى تعطى هى إذاً ، لا لفرد ، ولكن للشركة التى وقع فيها هذا الاختراع . ومنافع هذه الحماية — وكذلك بعض مشاكلها — تتمثل فى نمو صناعة الراديو فى هذا العصر الجديد ، وفى تنشئة الصناعة الجديدة ، صناعة المطاط الاصطناعى ، وتنميتها . والذى له شغف بأن يعلم فوق هذا من مسائل التسجيل وحمايته ونظمه وإشكالاته ، فى منتصف هذا القرن الحاضر ، القرن العشرين ، عليه أن يقرأ ما حدث من ذلك فى هاتين الصناعتين المذكورتين ، وهو قارئه فى كتابى مكلورن وهوارد ، وقد مر ذكرهما .

والاختراع الذى يسجل ، إذا تم تسجيله ، ينشر له وصف . وقد

نشأت عن هذه الأوصاف المنشورة مجموعات من النشر هائلة . ولكن الكثير من هذا المنشور قليل الفائدة للجمهور . فالوصف المسجل قد لا يتناول إلا التافه من الأمور ، أو يتناول أموراً متروكة مهجورة . أو هو وصف ناقص لا يكفى ، وقد يكون مضللا عمداً . وهو وصف لا يتناوله الفحص والتمحيص الذى يجرى على المنشور من أبحاث العلوم ، ذلك الفحص وذاك التمحيص اللذان أكسبا المنشور من العلوم ثقة العلماء وتقديرهم واحترامهم . فالذى ينشر من العلوم اليوم له مستوى رفيع معلوم ، وهو لا ينشر إلا بعد مراجعة ، يراجعه الناشرون . ومن وراء ذلك كله حرص المؤلف وحرص الناشر على السواء على سمعة طيبة نالها أو ينالها . وهذه كلها أشياء ، وكلها عوامل لا توجد فى المسجل المنشور . وفى الكيمياء ، على الأقل ، لا تجد كيماوياً يعتمد على شىء فينعته بأنه حقيقة لأنه منشور فى وصف اختراع مسجل ، إذا لم يكن له غير هذا سند يسنده . ومع هذا ، فهذه المنشورات المسجلة لها قيمتها ، وهى قيمة تزيد فى مجالاتها الفنية عند بعض رجال الصناعات . وليس هناك رجل يعمل فى المجالات الصناعية يستطيع أن يغفل فلا يتتبع ما ينشر من ذلك فى مجاله الخاص . ولقد تجمعت من هذه المنشورات مجاميع فنية للناس ، يرودها ويطالع عليها كل الناس ، زادت وتراكمت بالذى ابتدع المبتدعون فى بقاع الأرض (إن التقارير التى تنشرها الشركات عن صناعة جديدة من بعد تسجيل ، ومن بعد تصنيع ، ومن بعد أن يعمل المصنع الجديد وينتج ، تكون فى العادة أكثر تفصيلا وأكثر من تلك الأوصاف الأولى التى تصحب التسجيل ويقرأها القارئ فلا يكون له منها إلا الحيرة وإلا الخبال) . ولكن من النادر جداً أن شركة تعلن عن

كل التفاصيل التى لا بد منها للإجراء وللإنتاج . وكثير من الصناعات به تقاليد فى السرية قائمة . ولكن، إذا لم يكن هناك نظام للتسجيل إذاً لاضطرت الشركات إلى اتخاذ وسائل شديدة للسرية المطلقة لحماية مخترعاتها وحماية أبحاثها وطرائقها فى تنشئة هذه الأبحاث وتصنيعها . ولا شك فى أن السرية لا يمكن أن تتفق والتقدم العلمى ، والتقدم الصناعى اليوم مشتبك أى اشتباك ، معتمد أى اعتماد ، على التقدم العلمى .

إن نظام التسجيل هو الطريقة التاريخية التى لجأت اليها المجتمعات المنظمة لتشجيع المخترعات وتشجيع تصنيعها . فماذا بقى بعد هذا من تبعات تتحملها الحكومات لتشجيع البحث العلمى التطبيقى ؟ بقيت المشروعات ذات العمر الطويل . مثال ذلك استخدام الطاقة الشمسية ، أو تغوير الفحم تحت الأرض ، أو استخدام الطاقة الذرية فى الأغراض الصناعية . فهذه مشروعات قد تعينها الأمم ، حتى تلك الأمم التى اعتزمت أن تقف صامدة تمنع الحكومات من أن تمتلك وسائل الإنتاج . ولكن حتى فى هذا تختلف الآراء كثيراً عند ما تعرض إلى مقدار الإعانة ، ونوع الرقابة على الأبحاث وعلى ما يعقبها من تنشئة وتصنيع . وهو خلاف لا يمكن أن يجادل المرء فيه بدون الرجوع إلى اعتبارات بعيدة الغور ، بعضها الاقتصادى وبعضها الاجتماعى ، و بعضها السياسى . على أن الحكم الأخير فيما ينفق وكيف ينفق لا يمكن بلوغه إلا بالنظر إلى الأهداف البعيدة المقصودة منها. وهذا يصدق على الأمم كما يصدق على الصناعات . فإذا كنا نعيش فى عصر من السلام ، وإنقاص من السلاح ، كانت مسألة الإعانات الحكومية للبحث الصناعى مسألة يحوطها الجدل من كل جانب ، فى

الولايات المتحدة . أما ونحن نعيش فى هذه السنين الكالحة ، فكل ما يثار فى جدل كهذا خارج عن الموضوع . فالأسبقية الملحة اليوم هى للتسلح الكافى السريع . وما بقيت الدنيا منقسمة هكذا إلى معسكرين ، وجب على المرء أن يحكم على سياسة الحكومات بعد النظر إلى الموقف الدولى. وإنى لأخشى ألا يظهر هذا الكتاب إلا وقد قامت حرب عالمية ثالثة . فإن صح هذا فكل الذى سوف أقول لا موضع له . أما إذا صح ما أرجحه ، وهو أن تبقى الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتى فى سلام أسمى ، فسنبقى نواجه هذه الضرورة الملحة : أن نبقى العالم الحر مسلحاً أثقل تسليح . حتى إذا نحن بلغنا الهدف الذى عنده نطمئن على الدفاع عن أوربا الغربية ، فلن تقف النفقة عندنا على التسليح . إنه لا بد لنا من استمرار النفقة ، وأن ننفقها هائلة ، وذلك على عتاد للحرب جديد . إن هذا القرن قرن تحدث فيه ، فى التكنولوچيا ، انقلابات هائلة ، وتحدث فيما يتصل بالحرب سريعة ، وكثيراً ما تصبح الأسلحة بين يوم وليلة عتيقة غير كافية . لهذا ، عند ما نبحث فى الدور الذى تقوم به الحكومة فى العلم وفى الاختراع ، يجب أن نحنى الرأس لعواصف هذه الأيام ، ونقلب عادة السلم فى الأمة الأمريكية ، ونبدأ نبحث ما تحتاج إليه الحرب ويحتاج إليه الدفاع .

العلم والدفاع القومى

دعنا نبدأ بالاشارة لحظة إلى الحرب العالمية الثانية . إننا نستطيع والحرب قائمة أن نتصور سلسلة الإنتاج تجرى من المعمل وتنتهى فى ميدان الحرب . وكل حلقات هذه السلسلة شبيهة بحلقات ذكرناها لسلسلة الإنتاج الصناعى — بحث تطبيقى ، تنشئة هندسية ، هندسة إنتاجية ، خدمة هندسية . وهذه السلملة الصناعية تنتهى عند المستهلك . أما المستهلك فى الحرب فالجندى الواقف فى الميدان . وفى الوقت الذى أنا أكتب فيه هذا ، تجرى هذه السلسلة لتغذى ميداناً خاصاً ، هو ميدان الحرب بكوريا ، وميادين أخرى محتملة فى غير كوريا ، فى الهواء ، أو على الأرض أو تحت الماء . وإلى هذه الميادين الأخرى المحتملة يرجع كثير من المسائل والمشكلات التى يعالجها المسئولون اليوم بوشنطن ، وعليهم أن ينتهوا فيها إلى قرار .

إن الصناعة تبيع منتجاتها ، ويتصل بيعها ، وهى تتلقى من مشتريها ، من مستهلكيها ، كثيراً من المعلومات تعود إليها راجعة عن طريق سلسلتها الإنتاجية . وبناء على هذه المعلومات تعيد الصناعة رأيها فيما تنتج ، وفى كيفية إنتاجه ، وفى هندسته ، حتى فى هدف البحوث الإنتاجية ذاته. والحكومات ، والحرب قائمة ، تتلقى مثل هذه المعلومات ، تأتيها بها التقارير من جبهات الحرب ، وعلى هذه التقاريو تبنى خططها . ولكن عند ما لا تكون الحرب قائمة ، أو هى قائمة على الورق ولا شىء غير الورق ، فيجب

على المسئولين أن يتصوروا ما تصنع أسلحتهم والحرب قائمة ، وكيف تصنع . وهم يجرون على الأسلحة التجارب فى الميدان ، ويمتحنونها امتحانات شتى ، وبهذا يعلمون عن أسلحتهم شيئاً . ولكنى لا أحسب أن رجلا محارباً يستطيع أن ينكر أنه ليس للسلاح « امتحان كامتحان الميدان » .

إنه فى الحروب الحديثة ليس هناك ما يسمى ميداناً أنموذجياً يمكن تصوره ، وليس عتاد العدو بالشيء الثابت . إن الحرب الكورية علّمت الناس هنا هذا ، وعلمتهم إياه بقوة غير قليلة . فإذا نحن اضطررنا إلى إرسال جنودنا ليحاربوا فى غير كورية فى السنين القادمة ، وجب أن نتساءل فى أى ظروف سوف يحاربون ، وما سوف تكون عليه الحالة الصناعية عند العدو ؟ وإذا قامت الحرب العالمية الثالثة ، وجب علينا أن نحارب فى جبهات من الأرض عدة ، ووجب علينا أن نتساءل أين تكون ميادين الحرب ، وما درجة الكفاية التى تكون عليها الأسلحة السوفيتية الحديثة ؟ إن هذه الأسئلة وأمثالها ، وهذه المجهولات الفنية التى نتساءل عنها ، كلها يعقد المشاكل التى يواجهها المخططون للحرب أكبر تعقيد ، حتى وهم يخططون فى أيام يسودها سلام نسبى . إن الأسلحة التى صنعت فعلا شيء . والأسلحة التى هى فى خط الإنتاج الصناعى شيء ثان . وتلك التى فى دور التنشئة الهندسية شيء ثالث . وتلك الأخرى التى لم تفارق رسومها الورق شيء آخر أكثر بعداً . وحتى وراء هذه السلسلة الإنتاجية قد تكون فى المعامل ابتكارات جديدة قلابة . فكل هذه عوامل تعكر على المخطط للحرب فكره . ويجب ألا ننسى أن هناك ، وراء ستار حديدى ،

يوجد عدو محتمل ، عنده سلاسل مثل سلاسلنا الإنتاجية وخططنا الحربية . ولا يدرى أحد . حتى فيما يختص بتلك الأسلحة التى هى إلى اليوم رسوم على ورق ، أى الفريقين أغنى سلاحاً وأهدى على الورق رسماً .

ولا داعى إلى أن أزيد هذه الفكرة شرحاً . إن ڤانيڤار بوش Vannevar Bush[(١)] استعرض ما يحتمل من مستقبل التكنولوچيا التى تؤثر فى الأسلحة والأعمال الحربية فى كتابه « الأسلحة الحديثة والرجل الحر » (١٩٤٩) Modern Arms and Free man . والذى أنا أعنيه بالحديث الآن إنما هو شئون التنظيم والإدارة . والأمر هنا ليس أمراً تكنولوچياً ولكنه على الأكثر أمر السياسة على أوسع معانيها . والمسائل المعنية هنا ليست بجديدة ، إنها قديمة قدم الإنسان يوم قام ينظم المجتمع الذى يعيش فيه . وكثير من هذه المسائل الخاصة تناولها الفلاسفة السياسيون فى هذا البلد منذ تأسست الجمهورية . فالنظام الذى يأذن بمراقبة الهيئات بعضها بعضاً ، وموازنة القوى بعضها بعضاً ، ذلك الذى سنّه من الناس الرجال الذين يخشون السلطة المركزية أن تطغى ، والتقاليد البرلمانية التى اقتبسناها تدرجاً من بريطانيا العظمى ، والحاجات الحديثة التى تحتاج إليها الدولة الحديثة ، كل هذه تعاونت على خلق شكل من الحكومة الفدرالية ، من الحكومة الاتحادية ، يعز وصفها أو تعريفها . وهى تتراءى لبعض من يزورون وشنطن أنها حكومة مجانين . ومع هذا فهى تعمل ، لا سيما فى أوقات الأزمات ، على صورة تكذب كل من يتنبأ لها بالسوء من العارفين بأصول الحكم الجديرين بنقد الحكام .

---

(١) هو رئيس البحوث العلمية والتنشئة فى الولايات المتحدة .

ومع هذا ، فمنذ انتهاء الحرب العالمية الثانية ، جدت مسائل وأنواع جديدة من مشاكل ليس فى النظام الحاضر ما يتكفل بها ، ولم تبتدع بعد لها الأداة السياسية التى تتحمل تبعاتها . إن العوائد والتقاليد ينقصها المعونة تسديها إلى الرجال الذين يحملون تبعات الحكم ليسيّروا دفة الحكم بحيث تستطيع حكومة الولايات المتحدة أن تبسط سلطانها على سلسلة البحوث التطبيقية وأعمال التنشئة والتصنيع التى تهدف إلى ابتداع الجديد من الأسلحة للرجل المحارب فى الميدان .

مسائل خاصة بتقدير الأبحاث الموجهة إلى إنتاج السلاح

إن أى إدارة لشركة صناعية حديثة ، طلابة للتقدم ، لها ميزانية كبيرة للبحث وشئون التنشئة والتصنيع ، تجد نفسها مضطرة بحكم الواجب دائماً إلى أن تتخذ قرارات حيوية تتعلق بالبحث والتنشئة . ورجال هذه الإدارة، ومن تقع عليهم المسئولية فى الشركة ، لهم أن يسبقوا بعمل دون عمل ، ولهم أن يبطلوا عملا قائماً ، ولهم أن يبدلوا بعمل عملا ، ولهم أن يهدموا مصنعاً تجريبياً وأن يبنوا غيره . والشركات الصناعية الكبرى التى من هذا الطراز قد ربّت على الزمن عندها رجالا كفاة يستطيعون أن يتنبأوا بالمستقبل تنبأ عجيباً وأن يقضوا بناء على ذلك فى أمور المستقبل أقضية ناجحة موفقة . وليس عند الحكومة الاتحادية اليوم هيئات من رجال يقاربون هؤلاء الرجال قدرة وكفاية . وأخطر من هذا أنه ليس لدى الحكومة تقاليد تصف كيف يمكن تقدير ما يجمع من المعلومات

التكنولوجية من طول البلاد وعرضها . إن كثيراً من أخطر المسائل التى تتصل بمستقبل قواتنا العسكرية قضى فيها تحت ضغط اجتماعى لا يعرف مثله رجال الإدارة والتنفيذ فى مصانعنا . إن القوى السياسية – ولست أعنى القوى الحزبية – تعمل فى الحكومات الديمقراطية كما تعمل جاذبية الأرض فى الناس والأشياء طبعاً وحتماً . من أجل هذا لا يمكن تطبيق الأسلوب الذى تجرى عليه الصناعات ، على الحكومات ، إلا إذا أدخل تغيير كبير على كل وكالات الحكومة فى هذه الشئون . إن البرلمان، الكونجرس، يحكم الأموال . والهيئة التنفيذية لها أن تتخذ القرارات المباشرة ، فى حدود ما أذن به البرلمان ، وهى قرارات لا تنفذ إلا بعد أن تتنقّل هنا وهنا فى سلسلة من الأوامر طويلة . وقد تصل الجمهور أثناء ذلك أخبار خاطئة ، تجد طريقها تلصصاً إلى الصحافة ، عمداً أو عن غير عمد ، فيثور الجمهور ثورة تمنع أولى الأمر من اختيار الأوفق من الأشياء والأصلح . وكل هذا يحدث طبيعة بحكم أننا نعيش فى مجتمع حر . وإذا كان لا بد من حدوث هذا ، وأمثال هذا ، ، إذاً وجب علينا ، إذا ما أردنا مواجهة ظرف لا بد فيه من نفقة هائلة تنفق على السلاح وعتاد الحرب ، أن لحسن طرقنا التى بها نقدر نتائج البحث والتنشئة لدينا . إننا فى حاجة إلى إيجاد تقاليد صالحة تبسط سلطانها على المسائل الفنية التى يتضمنها برنامج طويل للتموين والتجهيز العسكرى .

إنى لا أعنى فى أى شىء أقـوله رجالا أداروا أو يديرون وكالة الطاقة الذريـة Atomic Energy Commission ، ولا رجال مجلس الأبحاث والتنشئة Research & Development Board بمؤسسة الدفاع

Defense Establishment ، من مضى منهم ومن حضروا . فهؤلاء رجال عملوا بإخلاص ، فى النطاق الذى ورثوه من الوكالات الفدرالية ومن الحرب ، ونجحوا نجاحاً ما كان يرجوه أحد فى هذه الظروف . ولكن ليس ممن تابعوا إنتاج العتاد الحربى إلا القليل الذى لا يرى أننا نستطيع تحسين الطرق التى بها تقدر المعلومات الفنية الهائلة التى لا بد منها فى التخطيط الحربى . وأهم من هذا إنا بحاجة إلى البت الحازم الحاسم فى الأمور الفنية ، وألا نحاول أن نعمل القليل الذى فيه تفريط ، أو الكثير الذى فيه إفراط . إن السياسة تعمل فى كل خطوة ، والنتيجة محاولات للتوفيق فى القرارات فى كل خطوة ، والسير فى أوسط الطريق وإرضاء للجانبين المتنازعين ، وذلك فى أمور فنية . إن الذين عليهم تبعة التخطيط للمستقبل لا يستطيعون أن ينتفعوا بأكبر الرؤوس إحاطة بعلم ، ولا بأكثر الناس خبرة فى فن ، إلا إذا حماهم حام من أن يدخل إليهم بنفوذه من الخارج داخل ، بخبرة يدعيها أو لمأرب يريد قضاءه .

ولست أطلب قلب النظام الحكومى الذى يعالج البحث والتنشئة . إن بعض الجهات قد تكون فى حاجة إلى إعادة تنظيم ، ولكن هذا يؤخر الأعمال ، وليس هذا وقت يأذن بتأخير . إنما الذى أوده تغيير موقف يقفه السياسيون والموظفون والعسكريون من العلاقة القائمة بين البحث والتنشئة وبين إنتاج السلاح والرجال الذين تقع عليهم التبعات فى عدة من مناصب ، بعضها العالى وبعضها الواطىء ، يجب أن تزاد سلطتهم زيادة صادقة ، وأن يحموا فلا تأتيهم من الخارج مؤثرات تعمل فيهم .

إنه يتراءى إلىّ أنّا فى حاجة ماسة إلى إنشاء تقليد يأذن بقيام نوع من

الرقابة شبه القضائية يعرض عليها كل ما يثار فى هذه الشئون من خلافات . فإذا عرضت مسألة من هذه ، عرضت على حكم أو أكثر حتى والمسألة فى بادىء أمرها ، وبينها وبين السلطة التى تقضى نهائياً فيها ثلاثة أدوار للرأى لا بد أن تمر بها قبل أن تنفذ ويصغى الحكم أو الحكمان أو الأكثر إلى ما يقول الطرفان المتخاصمان فيها . فإذا لم يكن فى المسألة معارضة عين خبير فنى ليتحدث نيابة عن دافعى الضرائب فى تفنيد المقترح من بحث علمى أو عمل فى تنشئة أو تنمية أو تصنيع . ثم تكتب الأطراف جميعاً تقارير عما وجدت ــ لا محضر توفيق فيه تنازل من أجل تقارب ــ . ومن هذه التقارير المتعارضة ، ومما أدلى به من حجج ، وجرى من مناقشات ، ومن الأسئلة والاستجوابات ، ستظهر وجوه المسألة كلها ، وكل هوى وكل ميل يحمله الشهود بين جوانبهم سيظهر للملأ إعلاناً . وعندئذ يكتب الحكم أو المحكمون تقاريرهم ويرسلونها إلى الرجال الذين تقع على عواتقهم تبعة القرارات ، وعندئذ يتخذون قراراتهم واضحة صريحة تدعمها الأسانيد المكتوبة . فإذا رفعت هذه القرارات إلى درجات فى سلم التنفيذ أرقى ، لم يستطع أحد بعد ذلك أن يلغى أو يعدل هذه القرارات إلا لأسباب جدية خطيرة . وتظل التقارير محفوظة ، من محبذة وناقضة ، للدلالة على أن كل سبيل إلى حجة قد سلك .

إنا نستطيع أن نقول إن العلم يتنبأ فيتوخى الدقة فى تنبئه ، ولكن ليس كذلك العلم التطبيقى . ففيه يظهر الضعف الإنسانى وقصوره . فالحكم فى الأمور الفنية يتطلب الموازنة بين كل الاحتمالات ، واستبعاد الميول والأهواء . فإذا نحن اتبعنا نظاماً شبه قضائى كالذى اقترحه ، لم نخرج

منه إلا على القليل من القرارات الضعيفة التى أضعفها التوفيق بين الخصوم . إن الذى يجرى الآن أن يأتى خبير فيرجم بشىء ، فيأتى آخر فيرجم بشىء آخر ، ونريد أن نحل المعضل بينهما فنأخذ طريقاً وسطاً به إضعاف لكل من الرأيين المتعارضين .

إنى لا بد أن أعتذر عن دخولى فى موضوع لا أدرى فيه إلا القليل ، ذلك اقتراحى بضرورة إدخال نظام شبه قضائى فى برامج الحكومة الفنية . ولكن بصرف النظر عما فى هذا الاقتراح من خطأ وما فيه من صواب ، فالأمور التى أثيرت بصدده قد تؤكد ما لكل مواطن فى الولايات المتحدة من التبعة فى كل ما تقوم به الحكومة من مشروعات ضخمة ، بعد أن دخلت الحكومة إلى أعمال البحوث والتنشئة بدرجة لم يسبق لها أن دخلت بها من قبل ، إلا والحرب العالمية الثانية قائمة . وعلى الطريقة التى تتنفذ بها هذه المشروعات يبنى مستقبل هذه البلاد وبها تتعلق حياتها . فنفقة الأموال الهائلة فيما يظهر فشله من بعد، تهدد سلامة اقتصادنا . وعجزنا عن مناصرة بعض الجهات مناصرة فيها الكفاية قد يؤدى إلى تخلفنا فى سباق التسلح القائم تخلفاً كبيراً . إن التبعة فى كل ما يجرى فى سلسلة هذا الإنتاج ، من معمل العلم البحت إلى ميدان القتال — الواقع أو المحتمل — ، إنما هى تبعة واقعة على عاتق نواب الأمة . فلا بد من نقد ما يجرى على طول هذه السلسلة نقداً عارفاً متفهماً بريئاً ، ولا بد من تفهم الرأى العام إلى جانب ذلك . كلا الشيئين ضرورى إذا ما أردنا إنجاح الأعمال فى جميع خطواتها ، لا سيما فى وقت الضيق والأزمات .

مال الاتحاد الفدرالى للبحث العلمى البحت

دعنا الآن نبحث فى الجانب الآخر من السلسلة ، ذلك البحث العلمى البحت . ويجب فى هذا أن نذكر ما لعب العلم البحت من دور عظيم فى الصناعات الحديثة ، وأن ندرك خطورته فى البرامج الدفاعية البعيدة المدى . فإذا صح هذا وجب على ممثلى الأمة أن يرقبوا ما يجرى فى الدولة من بحوث علمية بحتة ، وكيف يجرى ، وأن يتوسلوا الوسائل ويبتدعوا الأساليب لتشجيع تقدم العلوم ، تقدم البحث العلمى ، وأن يحذروا أن يكون هذا الرجاء فى التشجيع سبباً فى عكس الحال ، وأن يتخذ من المعونة التى تسدى تعلة فتوضع من جرائها العقبات فى سبيل الآراء الحرة أن تنطلق ، والعقول الكبيرة المبتكرة أن تتفتح . وإذا كان رجل العلم الباحث الطليق ، الذى لا تربطه البرامج ، هو مفتاح الأمر كله فى هذا الصدد ، وبهذا أعتقد ، وجب أن تتركز الأنظار عليه . فإذا أريد للأموال العامة أن تنفق فى سبيل تشجيع البحوث العلمية الأساسية ، العلوم البحتة ، وجب أن تنفق هذه الأموال ، كما قدمت فى غير هذا المكان ، لمعونة رجل بذاته ، لا لمعونة برنامج بذاته ونرجو أن تكون هذه سياسة المؤسسة الجديدة ، « مؤسسة العلوم القومية» National Science Foundation . ولكن هذه السياسة سهل وضعها ، صعب تنفيذها ، لا سيما فى وقت التوتر والتسلح . ذلك لأن كل القوى ، من سياسية ومن اجتماعية ، تعمل عندئذ ضد هذه السياسة . وإنى لمتأكد أنه فى العشر السنوات القادمة ، سينفق المال بسخاء على

البحث التطبيق وعلى التنشئة فى المعامل الحكومية ، وفى الصناعة ، وفى الجامعات بطريقة التعاقد على تنفيذ البرامج . ولكنى غير متأكد من أن ينال البحث الطليق عناية ويجد رخاء . ومع هذا فليس قول يقوله الإنسان ويطيله ، فى توكيد خطر البحث العلمى البحت ، حتى فى السنوات التى فيها السلم يسلح أثقل تسليح ، ببالغ حقيقة ما لهذا البحث من خطر .

ليس عندى شك فى أن من واجب دافعى الضرائب أن يناصروا تقدم العلم . ولكن من النكبات الكبرى ألا يعان هذا البحث إلا بأموال حكومة الاتحاد . وليس من العقل فى شىء أن قوماً آخرين ، تحت يدهم أموال لينفقوا منها على البحوث، يضنّون بها على البحث البحت ، تاركين هذا البذل للعم سام . إن تجربة العشر السنوات الماضية دلّت على أن أموالا ينفقها الخيرون ، حتى فيما تنفق فيه أموال الحكومة بسخاء، تلعب دوراً عظيما لا يمكن إغفاله . ومن أمثلة ذلك بحوث السرطان . ففى أمثال هذه البحوث ، التى تنفق عليها الحكومة ، تأتى الجهات المستقلة الخيرة فتساهم فى النفقة . وينبنى على ذلك أن مساهمتها فى النفقة تأذن لها بالمساهمة بالنظرة ، بالرأى تراه ، وتتأثر الحكومة بنظرتهم ، وتقدر رأيهم الحر المستقل الذى لا تزجيه الأهواء والغايات . والقائمون على الأموال الخيرة كثيراً ما يضربون الأمثال لموظفى الحكومة الذين يتوكلون عنها فى النفقة ويتقدمونهم يدفعون عنهم ضغط السياسيين وسوء تأثيرهم . إن العالم الباحث الطليق ، الذى لا يتقيد ببحث أو برنامج ، يجب صيانته ، ويجب تأمين مستقبله ، وخير وسيلة لهذا أن نعلّق مستقبله بعدة من خيوط ، ليس منها إلا خيط واحد يأتى بالمال مما يصوت عليه البرلمان للبحث من أموال .

العلم والسياسة

إنى فى مناقشتى الدور الذى تلعبه الحكومة لم أذكر غير وجهين من وجوه اهتمام المجتمع بتقدم العلوم والتكنولوجيا ، ذان إنتاج جهاز للحرب ، وتنمية بحوث العلوم الطبيعية ، فى بلد من بلدان الأرض ، تلك الولايات المتحدة . والذى حذفته فلم أذكره من الوجوه الأخرى يدل على شيئين ، أولهما مزاج هذا الزمان الحاضر ، ثم ميولى ، أنا الكاتب ، من اقتصادية وسياسية . إنه فى أوقات أكثر سلاماً من هذه يكون من اللائق أن يذكر الذاكر برامج للبحث تقوم على إنفاذها حكومة الاتحاد فى معاملها هى لأغراض غير حربية . وكذلك أن يستعرض الجهود الكبيرة التى بذلت فى البحوث الزراعية فى الخمسين سنة الماضية . وكذلك الأعمال الهامة التى قام بها « مكتب المعايير » Bureau of Standards[1] ، و « المساحة الجيولوجية » Geological Survey ، والأعمال الجديدة التى قامت بها « الخدمة الصحية العامة » Public Health Service ، إن هذه المناشط العلمية التى تجرى فى جهات مختلفة من الحكومة الفدرالية

---

(١) اسم صغير يطلق على مؤسسة عظيمة فى خارج وشنطن تحتل من الأرض بضع عشر من الفدادين بها معامل كثيرة للبحث من كل صنف . كان من حظ المترجم أن يقيم بها زائراً أسبوعاً . والمعايير هى الوحدات التى يصطلح عليها لتقاس بها الأشياء كمعايير العقاقير والهرمونات وأشعة س إلى جانب واجبات أخرى كثيرة .

للولايات ، تتصل اتصالا وثيقاً بخير الأمة مجتمعة ، وهى من المناشط التى لا تستطيع ولا تحسن القيام بها حكومة الولايات منفردة ولا الوكالات الخاصة . من أجل هذا هى مناشط مما يجب أن يرعاها المواطنون جميعاً فى أى ركن من البلاد عاشوا . وإنى لا بد من أن أعترف بشك أحسه فى نفسى فى صحة ما جرت عليه الحكومة فى العشر السنين الماضية من توسيع معاملها بهذا القدر الذى حدث . إنى أخشى أن تاريخ هذه المعامل فى الماضى لا يؤيدنى إذا أردت أن أقول إن هذه المعامل هى أنسب الأماكن لإنعاش البحث العلمى الأساسى ، العلمى البحت . وفوق هذا ، فالبحث التطبيقى الذى يهدف إلى توسيع الصناعات لا ينعشه كالصناعات ذاتها .

ومما فاتنى ذكره ومناقشته كذلك ، العلوم الاجتماعية ، وهذا نقص لا شك ظاهر . إن معونة الحكومة تطلب للعلوم الطبيعية والعلوم البيولوجية بناء على ما لهذه العلوم من علاقة بالدفاع القومى ، وبناء على الأثر العظيم الذى لها فى الصناعة وفى الطب . فكيف نقول فى علم النفس ، وعلم الاجتماع وعلم الإنسان : أليس من المهم أيضاً أن تنتعش هذه الدراسات ؟ وقد يجيب بعضهم فيقول : لعلها أهم ، لأن التقدم فى الصناعات كان له أثر سيء فى المجتمع ، ولعل من الخير توجيه بعض الكفايات إلى دراسات المسائل الاجتماعية والسياسية هذه . إن القليل من يستطيع أن ينكر أن المجتمع الذى نشأ بهذه البلاد مجتمع فذ فى ذاته . إنه يشبه المجتمعات الديمقراطية الأخرى من وجوه عديدة ، ولكن لنا فى هذا المجتمع مثل فى الحياة هو من نتاج تاريخنا الماضى . وتماسكنا أمة واحدة يتوقف على قبول هذه المثل ، وعلى عزمنا على أن نسير معاً سيراً متصلا إلى الغايات الاجتماعية

التى يتضمنها هذا المثل . وليس هذا بالأمر السهل، لأن مجتمعنا الحديث معقّد أكبر تعقيد . والسؤال الذى يخطر من ذلك توآ على البال هو : هل قيام نفر من الدارسين الكفاة ، يدرسون الإنسان والمجتمع ، كفيل بأن يجمع لنا فى هذه الأمور معارف أساسية ذات فوائد عملية ؟ وهل دراسة علمية كهذه تستطيع أن تذهب ببعض ما فى الشئون السياسية من خبرة فطرية وتنقص من درجتها الاختبارية Empiricism (بمعناها الأوسع) ؟ وإذا صح هذا فهل ما سوف ينتج من إدخال العلم فى فن تنظيم المجتمع الإنسانى سيكون ذا فائدة لهذا الأمة الحرة ؟

إن جوابى عن هذه الأسئلة بالإيجاب . وثقتى فيما أرجو له من تحقيق تنبنى على أن التقدم فى علم الإنسان والمجتمع سيجرى فى نفس الوقت الذى تطبق فيه التصورات الذهنية والأساليب العملية الحاضرة تطبيقاً مثمراً . إن القليل من الناس من يدرى كم من التقدم حصل فى العشر السنوات الأخيرة ، وكم من الأساليب قد ابتدع مما يساعد على حل مشكلات الإنسان التى هى بعض نتاج الحياة . ولكن إذا نحن رجونا شيئاً ذا بال فى المستقبل نرجوه ، ذلك لأنى أعتقد أن أكثر علماء النفس وعلماء الإنسان anthropologists تحمساً لا يستطيع أن يصف ما لديه من صور ذهنية ، ومشروعات تصورية إلا بأنها نظائر لما كان للفيزياء والكيمياء من مثلها فى أواخر القرن الثامن عشر . ومعنى هذا أن درجة الاختبارية فى كل مثل نسوقه ، من علم النفس أو علم الإنسان لنطبقه على السلوك الإنسانى ، درجة كبيرة لا شك عالية .

إنى أرى أن الرجال الجديرين بتقديم هذه العلوم هم الرجال الغارقون

إلى أذقانهم فى المسائل العملية التى تتصل بهذه العلوم ، كما كان فى الطب أن الرجال الذين قدموا علومه فى السنوات الأخيرة هم القائمون فى الحقل العملى يجتهدون ويبحثون . إن بستور كان كيماوياً جريئاً خولت له جرأته أن يعطى النصائح لقوم من العلماء يعملون فى حقل هو أبعد ما يكون من حقله . ولكنه ما لبث أن دخل هذه الحقول بحسبانه عالماً تطبيقياً، وعندئذ حل كثيراً من المشاكل العاجلة فيها ، وفى الوقت نفسه هبط بالخبرة الفطرية وبدرجة الاختبارية التى كانت بتلك الفروع من البيولوچيا التى جعلها هو فروع درسه وفروع بحثه . إن الأمثال التى تضرب بنيوتن ، وكلارك مكسويل ، حتى بدرون ، تضلل كثيراً. هؤلاء رجال نجحوا حقاً فى المجال النظرى دون المساس بالمجال العملى. ولكن العلم فى أزمنة خاصة ، وأمكنة خاصة ، لا يستطيع البحت منه ، وهو منعزل ، أن يتقدم خطوة . ومن جانب آخر ، ذلك جانب الرجل المستهلك لهذه النتائج الذى يستخرجها العلماء ، أعنى الجمهور ، أرجو الجمهور ألا يطالب ، ولا يلح فى المطالبة ، بثمرات من أبحاث هؤلاء العلماء عاجلة . وأرجو أن يذكر أنه ما من أحد فى الدنيا يستطيع أن يتنبأ كم من هذه النتائج يخرج حتى او جعلنا لها نصف قرن أمداً . والمشروعات الخاصة بتطبيق ما جنينا إلى اليوم من معرفة فى هذه الشئون يجب أن تكثر وألا تكون حاسمة صارمة فتمنع من مجهود قوى يبذل فى تخفيض مقدار ما بالطرق الحاضرة من خبرة فطرية ودرجة اختبارية . والبرامج الطويلة الأجل فى حاجة إلى إعانة كافية يصحبها صبر طويل . وهذه الإعانة قمينة بأن يأتى بعضها من مال الحكومة ، ذلك لأن مجتمعنا هذا الحر فى حاجة إلى زيادة معرفته بأسس

الطبيعة الإنسانية أكثر من أى مجتمع آخر . إن المعرفة الفطرية بهذه الطبيعة تكفى أمة يحكمها البوليس قسراً ، ولكن أمة حرة حديثة كأمتنا فى حاجة الى كل معونة تأتيها من كل تقدم يحدث فى العلوم الاجتماعية .

وأرجو ألا يخدع أحد فيظن أن مشاكلنا الأساسية القومية يستطيع أن يحلها جماعة من العلماء الاجتماعيين يجتمعون كما يجتمع المهندسون لتصميم جسر أو آلة . إن رسم خطوط السير فى أمثال هذه المشاكل يجب أن يكون فى المستقبل ، كما كان فى الماضى ، من عمل الموظفين الحكوميين ، ورجال الإدارة فى المصانع ، ورؤساء العمال فى النقابات . وهى مشاكل لا يمكن أن تعطى إلى العلماء ليقال لهم من بعد ذلك أفيدونا بالخطة الصحيحة فى هذا والطريق المستقيم فى ذلك . إنها مشاكل لا تُحل إلا بناء على الخبرة ، مقرونة بنصيحة تأتى من رجال عندهم القدرة على التحليل ، ومن تلك الجماعة التى قد أتشجع فأسمى رجالها بالفلاسفة الاجتماعيين. إن التاريخ ، بحسبانه مكملا للخبرة الإنسانية(صفحة٣٧٣) ، سوف يأتى من عنده المدد دائماً للرجل الإدارى وللراسم الخطط ، ومع هذا فرأى العلماء الاجتماعيين قد يكون له نفع عاجل . إن النفع الذى نرجوه من عالم النفس الاجتماعى ، ومن عالم الاجتماع وعالم الإنسان ، إنما نرجوه فى مجال العلاقات الإنسانية وفى المنازعات التى تقوم بين الأفراد وبين الجماعات ، تلك التى زادتها الحياة الحديثة شدة . وسكان الولايات المتحدة هم كاسبو الخير من كل تقدم يحدث فى دراسة الإنسان بحسبانه حيواناً اجتماعياً .

العالم الاجتماعى والقيم الجارية فى المجتمع

إذا نحن اعتبرنا العالم الاجتماعى هو عالم همه إنقاص ما فى السياسة من خبرية فطرية وزيادتها من تجريب علمى ، فقد شابه هذا العالم الطبيب العالم فى أكثر من وجه . وهنا قد يسأل سائل : ولكن ما بال الأطماع البشرية والأهداف الاجتماعية والاعتبارات الخلقية ؟ والذى نعلمه أن العلم يقف فى هذه الأمور موقف الحياد ، وهو لا يتدخل ليحكم فى أمثال هذه القيم ، مع أن هذه القيم هى ألصق شىء بالمسائل السياسية والمشاكل الاجتماعية ؟

ونجيب عن هذا بأن نبحث فى هذه العبارة التى كثيراً ما تتردد : إن العلم يقف موقف الحياد فيما يتعلق بتقدير القيم . أليست هذه العبارة من العبارات التى تتضمن ثلاثة أرباع من حق ، وأن بها من الخطر مثل ما فى العبارات التى تتضمن نصف الحق ؟ ولننظر فى العلوم الطبية اليوم . إن الباحثين فى علوم الطب والقائمين بالعلاج فعلا يقبلون ، على غير وعى منهم تقريباً ، طائفة من القيم تحد من نشاطهم من جهة ، ولكنها من جهة أخرى تعمل على حفز جهودهم . وهذه القيم تنسى ، ينساها المتحدثون عن حياد العلم . ولست أعنى بهذه القيم ما يتضمنه الحلف الأبقراطى [1] الذى يحلفه الطبيب وهو يدخل يمارس مهنته . إن للمجتمع

---

(١) أبقراط أشهر أطباء الإغريق ، ولد عام ٤٦٠ قبل الميلاد ومات عام ٣٥٧ قبل الميلاد ، فهو قد عاش طويلا . ومؤلفاته التى ورثها العالم كثيرة ، وظت باسمه إلى اليوم =

أهدافاً أخرى وحوافز أخرى وآمالا ومخاوف . إن المجتمع الذى فيه تفضّل الحياة على الموت ، وتمجد الصحة تمجيداً ، هو وحده المجتمع الذى يتدفق فيه المال لدراسة الأمراض . والمجتمع الذى يقدر الفرد ويقدسه ويرعى حرمته، حتى ليعنى بخلاص الروح الواحدة من الموت مهما يكلّف تخليصها من مال ، هو وحده المجتمع الذى فيه يسلك الطبيب والجراح والعالم الطبيب هذا السلوك التقليدى الذى نعرفه فيهم اليوم . إن الدرجة التى بلغناها من العناية بالناس فى الطب ، ورغبتنا فى الاستزادة منها ، لا تصدر إلا عن سلسلة من أحكام فى القيم قد عالجناها واستقررنا عليها . ولست أذكر هذا لأضع ما أقول موضع الجدل ، فهذا أمر فرغنا منه ، وإنما أنا أشير إلى وجود هذه القيم عندنا ، التى هى أساس لكل عمل يقوم فى العلوم الطبية ، لأقول من بعد ذلك إن الشأن فى الطب ولدى الأطباء كالشأن فى دراسة سلوك الإنسان والدارسين له ولعلاقات ما بين الناس، ولو أنى أخشى أن يكون وجه الشبه لم يتضح إلى الآن كاملا عند كل إنسان .

إن المبادىء التى هى عند رجال الطب وحلفائهم متفق عليها الآن فى كل أمة متمدينة صناعية حديثة ، ولو أنه فى واقع الحياة تختلف قيمة

= وتداولتها الأمم.وهو مارس العلاج فى كل بلاد الأغريق، يطوف بها ويعالج ويدرس . أما خلفه فهو حلف ذو صيغة معروفة كان يلقنه لكل تلميذ يتخرج على يديه قبل أن يحترف مهنة الطب والعلاج . وهو حلف يبدأ بقسم يقسمه بالآلهة كذا وكذا أن يفعل كذا وألا يفعل كذا . وأن يمارس المهنة فى صالح المرضى . وأن يحيا حياة نقية طاهرة ، وألا يفشى عن المريض سراً .

حياة الفرد اختلافاً كبيراً . والمبادىء التى تلزم عالم النفس وعالم الإنسان وعالم الاجتماع ليؤدوا واجباتهم على الوجه الأكمل فى مجتمعنا هذا الخاص، هى مبادىء لا شك خاصة تأتلف وتاريخ مجتمعنا هذا وهو بها خاص . وإذا كان هناك حلف كالحلف الأبقراطى يبتدع ، ليقرر هذه المبادىء وليلتزم به الباحثون فى هذه الحقول ، إذاً لوجب أن يأتلف هذا الحلف والمجتمع الذى يعمل هؤلاء القوم فيه . وسيختلف حلف يصنع للمجتمع الإنجليزى عن حلف يصنع للمجتمع الأمريكى ، ولو أن الجوهر فى كليهما سيكون واحداً . أما الأمم ذات النظم الجماعية الكلية totalitarian حيث يضحى بالفرد فى سبيل الجماعة ، فالذى يخرج به العلماء فيها سوف يستخدم لبلوغ أهداف غير ما نذكر وما نورد ، وهى أهداف سوف تحد من تقدم العلوم ذاتها . إن هؤلاء العلماء الذين يبحثون فى شئون الانسان ، بحسبانه حيواناً اجتماعياً، هم اليوم فى سبيلهم إلى خلق وسائل جبارة يختلف أداؤها باختلاف اليد التى تقع فيها . فهى للموت وهى للحياة . وهى قد تنمى وتقوى سلوكاً معيناً من سلوك الإنسان وطرزا معينة من طرز التخلق فى المجتمع ، أو هى قد تتلفها إتلافاً . من أجل هذا وجب على هؤلاء الرجال الباحثين أنفسهم أن يستوضحوا هم أهدافهم فيما بينهم وفيما بينهم وبين أنفسهم ، وأن يقدروا هذه القيم هم لا أحد سواهم ، كما صنع الأطباء قديماً عند ما حددوا ما يصنعون تجاه ما يعرض لهم من مشاكل يتوقف حلها على ما لديهم من علم فيه الموت للفرد كما فيه الحياة .

رجال العلم والحكومة

إن تقاليد العلم ، مثل قواعد السلوك فى الطب ، توالدت فى المجتمعات مستقلة عن حكوماتها ، لهذا كان لها صبغة دولية . فهل يمكن الإبقاء على ما لهذه التقاليد من استقلال فى أمة صناعية كبيرة التصنيع حيث يتصل وجود هذه الأمة وكيانها بتطبيق نتائج العلم فيها ؟ إنه سؤال جدى لا يمكن أن يكون له جواب شاف عاجل . وقد أرى الذين لا يودون أن ينفقوا من مال الدولة فى معونة العلم يتلقون هذا السؤال فى كثير من الكراهة وكثير من الغم . ولكن ، بمال من الدولة أو بغير مال منها ، لا يستطيع رجل العلم اليوم أن يهرب من موقف هو فيه ، ارتبط فيه علمه بمستقبل مجتمع منظم . إنا نعيش فى زمن لا يمكن فيه للحكومة أن تغفل وجود العلماء ، ولا للعلماء وجود الحكومة ، وهذه حقيقة يجب أن نؤمن بها ، كرهناها أو حمدناها . إن السياسى والعالم لا يمكن اليوم أن ينكر أحدهما الآخر . إن صلة العلم وحدها بالحرب الحديثة تدفع إلى الوصل بين مهنتين قديماً ما تباعدتا ، تلك مهنة رجل الحكم ، ومهنة رجل العلم الذى يبحث فى أصول الطبيعة . وإذا كان هذا هو الحال فلا بد من أن نقول إن مستقبل العلم سوف تحدده ، بدرجة غير صغيرة ، ما تعمل له الحكومات ويعمل وكلاؤها . وهذا يعنى فى بلد ديمقراطى أن الرأى العام لا بد من أن يلعب فى هذا دوراً كبيراً .

إنه لضمان اطراد النشاط فى بحوث العلم البحت ، فى الولايات المتحدة ، لا بد من تعريف الناخبين بكل أمر يتصل بتقدم البحوث العلمية ،

وأن يسلك إلى تعريفهم كل سبيل . إنى أكدت هذا فيما سبق من هذا الكتاب ، ولكنى مع هذا أزيد فأذكر مثلا آخر لما بين العلم والمجتمع من تفاعل ، وأحسبه مثلا يجىء فى موضعه . وليس مثل يضرب لمشكلة تواجه السياسيين والعلماء أكثر إعناتاً من مشكلة السرية المفروضة على البحوث وما على البحوث من رقابة . فمنذ انتهاء الحرب العالمية الثانية كثر النقاش حول الموقف السيئ الذى يجد فيه الفيزيائى نفسه، ويجد الكيماوى الذرى ، ذلكما اللذان اتصلا من قرب أو من بعد بصناعة الأسلحة الذرية ، إن تصميم المعدات الحربية كان دائماً سراً عزيزاً يحتفظ به لأسباب ظاهرة . وعلى هذا قد يجادل المرء بناء على هذا فيقول : إن كل مايتصل بالقنبلة الذرية لا بد أن يبقى سراً . ولكن العلم لا يتقدم أبداً مع هذا الخفاء والإخفاء . فهذه هى المشكلة ، وهى حقيقة مشكلة . إن السلسلة بين المعمل وميدان الحرب قد اتصلت فى العقد الخامس من هذا القرن ، فمن ذا الذى يستطيع أن يقول فيما تجرى به هذه السلسلة أيها العلم ، وإذاً ينشر ، وأيها السلاح ، وإذاً يكتم . إن مجرد ذكر المشكل يقنع القارئ بما سوف يتمخض عنه موقف كهذا من خصومات لا بد منها .

إن اشتباك العلم بالتسلح ، هذا الاشتباك الشديد نشأ فى العقد الخامس من هذا القرن ، ومعه نشأت صعوبة التوفيق بين العلم وما يريد من نشر ، وبين التسلح وما يريد من كتمان . ولكن هذه الصعوبة ليست بنت اليوم . ففى ختام الحرب العالمية الأولى لم يؤذن للكيماويين الذين اشتغلوا بصناعة المطاط الصناعى أن يتحدثوا للناس ، خارج المصنع ، حتى فى مبادئ الكيمياء التى تتصل بالمطاط . ولكن لم يمض غير سنوات

قليلة حتى تغيرت الحال، وأنشىء قسم للمطاط فى الجمعية الكيماوية الأمريكية صار فيه يبحث المطاط وتبحث مسائله إعلاناً . وقام التسجيل الصناعى مقام السرية الكلية . إن فى العصر العلمى الذهبى فى ألمانيا ، قام أكثر من عالم نابه يعمل مستشاراً فى شركة كيماوية . والذى أنتجته المعامل من صبغات أو عقارات جديدة ، تسجل ، فانتفعت به شركة وانتفع أستاذ . وبينا كان هذا يجرى ، كان لا يقوم النقاش فيما ينتجه يوم الباحث من نتائج إلا بين عدد قليل من الأفراد . حتى الزجاجات كانت تكتب عليها غير أسماء ما فيها . ولكن مع هذا كانت السرية محدودة ، وكانت قصيرة العمر . ومع هذا فهذه السرية حتى المحدودة تفسد جو المعامل ، وبهذا يشهد الكثيرون أن النفرة التى بين العلم والكتمان نفرة قديمة مكتوبة بحروف غليظة فى سجلات التاريخ .

إن التقدم العلمى قد يكون فى خطر من التعوق فى الولايات المتحدة إذا لم يفهم الشعب خطر النشر الحر والنقاش الحر فى العلوم . بالطبع نحن لا ننتظر من القائمين على الدفاع القومى فى عهد هدنة مسلحة كهذه أن يهدئوا من يقظتهم . أن من همهم الأول أن يحتفظوا بما لديهم سراً أى سر . لهذا السبب أرى من المهم أن تقوم معونة الحكومة للعلم البحت (بصرف النظر عن العلم التطبيقى وأعمال التنشئة والتنمية) عن طريق مؤسسة للعلم قومية . إن مؤسسة الدفاع قامت بهذا الواجب فى كثير من الصبر وكثير من بعد النظر الذى نحمده حمداً كثيراً ، ولكن ليس مما يتفق أن يوضع أمر تشجيع العلم البحت ، وهو منشط دولى عالمى ، فى نفس اليد التى تعنى أولا بتدبير وسائل الدفاع فى الأمة .

ولكن هل السرية الحربية المفروضة على العلوم هى وحدها العائق الوحيد دون تقدم العلم الذى جاء فى سنوات ما بعد الحرب ؟ وهل صحيح أن العلم الذى كان منشطاً دولياً هو ما زال إلى اليوم منشطاً دولياً ؟ الجواب مع الأسف لا . إن من فواجع هذا الزمان أن انقسام الأرض إلى معسكرين جعل النظرة التى ينظر بها الاتحاد السوفيتى والدائرون فى فكه إلى المناشط الفكرية والمناشط الثقافية عامة ، نظرة سداها التحزب ، ولحمتها التمذهب وهى نظرة زادت وضوحاً حتى ظهرت عارية صريحة . وليس فى نظرتهم هذه إنكار لخطورة العلم . إن الأمر فى ذلك على النقيض . فقد تأثر أكثر من رجل من رجالنا ، فى العشرين من السنوات الماضية ، بالعناية الشديدة التى خص بها الكرملين العلم . وفى صيف عام ١٩٤٥ دعت الأكاديمية العلمية الروسية إلى احتفالاتها بعض العلماء الغربيين دعوة خاصة ، وذهبوا ، وعادوا وهم يحمدون أكبر الحمد ما أسبغه ستالين على العلماء من تنظيم وتكريم . وقد يفهم القارئ من هذا أن رؤساء الاتحاد السوفيتى بذلوا هذه العناية للعلم والعلماء لتقديرهم خطر العلم ، وخطر التكنولوجيا ، ولا شىء غير هذا . أما تقدير خطر العلم فلا جدال فيه . وأما أنه الحافز الأول إلى هذه العناية ، أو حتى أنه أول حافز ، فأمر يخطىء حاسبه خطأ كبيراً .

نشر الاتحاد السوفيتى نشرة أسماها « تاريخ الحزب الشيوعى للاتحاد السوفيتى » ، وفيها تحدث مؤلفوها عن « الدور الكبير الذى لعبه فى تاريخ الحزب » كتاب لينين الذى كتبه فى المادية وسماه Materialism and Emperio-Criticism ، ونشره عام ١٩٠٩ . وذهب المؤلفون الرسميون

لهذه النشرة التى هى تاريخ الحزب البلشفى ، يقولون إنه كتاب يصون ذخيرة نظرية كبيرة من عبث جمهرة غير متجانسة من ناقدين ، ومن أهل ردة جاحدين . والمهم هنا أن نستبين أن المسألة الجدلية التى زعموا أن كتاباً كتبه رجل صار من بعد ذلك حاكم روسيا لعب فيها دوراً كالذى يصفون كبيراً ، هذه المسألة تضمنت شيئاً من طبيعة الحقائق العلمية .

وقالوا فى هذه النشرة إن مستقبل الحزب الشيوعى كله تعرض إلى الخطر منذ أربعين عاماً أو تزيد ، بسبب مبادئ باطلة تتصل بصدق المبادئ العلمية ومعانيها فى علم الفيزياء . أفبعد هذا يعجب المرء من حزب سياسى قام على فكرة واحدة جامدة ، وهى من صخر أصم ، يفسر تاريخ نفسه مثل هذا التفسير ، أن يظل يعتبر النظريات العلمية وتفسيرها من بعض عمل الموظفين الحكوميين ، وأنهم فى هذا كفاة جديرون ؟ إن هذا التاريخ الذى أشرت اليه توا ينص صراحة على أنه ما من حزب ثورى يستطيع أن يقبل مبدأ الوحدة المؤسسة على تباين[1] . إن حزبهم من أول أمره بنى على تجانس جامد لا مرونة فيه ، نيل اعتسافاً بقطع دابر كل من لا يفقه « علم تنشئة المجتمع » على الصورة التى صورتها له نظرية ماركس ولينين .

إنه لا دليل على أن من فى يدهم مقاليد أمور هذا الحزب هم اليوم أقل صرامة ممن سبقوهم . إن النظريات العلمية التى لا تأتلف والمادية

---

(١) هى الوحدة التى فى الدول الديمقراطية تلك التى تأتى أخيراً بالانسجام عند التنفيذ ، ولكن من بعد اختلاف الناشر واختلاف الأحزاب فيما يرون من آراء وهى غير الوحدة الأخرى المؤسسة على فرض الرأى الواحد على الناس ، يأتى من عل ، فلا يأذن لهم باختلاف .

المنطقية [١] هى عندهم هرطقة لا شك فيها. ويعتنق علماؤهم هذا، ممن كانوا أول الأمر على رأى غير هذا، فيقومون يعلنون فى الناس خطأ ما سبق أن زعموا . وهذه ظاهرة قد يصعب على أهل الغرب فهما ولكن مما يسهل عليهم فهمها أن ينظروا إلى ظاهرة أخرى مثلها ، جرت فى التاريخ كثيراً : رجال ذوو ولاء للكنيسة ، يرون رأياً ، ثم هم تحت تأثير الكنيسة يعودون فينكرونه ويجحدونه .

إن النتائج التى تخرج فى الحقل البيولوجى قد تتصل بالكليات الكبرى للوراثة وبذلك يكون لها أثر فى النظريات السياسية والاجتماعية ، وهذه الحقيقة قد تغرى بالالتفات إلى هذا النوع من العلم والاهتمام بالذى يجرى فيه من نقاش . ولكن من الممتع أن يلاحظ المرء أن الجريدة الرسمية برافدا ، قد نشرت مقالا واحداً على الأقل خصصته لنقد الفيزياء النظرية الحديثة نقداً طويلا مفصلا ذا استغراق ، وهو موضوع لا يتصل بهم ٩٩ فى المائة من السياسيين ولو مساً عابراً ، فى الديمقراطيات الغربية ، ولكنه يلقى فى الاتحاد السوفيتى كل هذا الاهتمام .

قد يقول المرء إن المراسيم التى يخرجها الشيوعيون فيبطلون بها من علم الوراثة ما يبطلون ، تدلنا على أن رجالا ، يجمعون إلى الجهل النسبى قسوة لا حد لها ، هم القائمون اليوم يخطون سياسة الحزب فى الحقل العلمى . ولكن أليست الحالة فى كل نظم الحكم ، تلك التى بناؤها على الأمر ينزل من أعلى ، والطاعة تأتى من أسفل ، أن يقوم منها رجال ، بكل ما بهم

---

(٢) هى مادية كارل ماركس ، وقد شرحناها بهامش صفحة ٣٦٥

من ضعف إنسانى ، فيعلنوا فى الناس من عام لعام أى المبادئ هو الصادق وأيها هو الكاذب ؟ وتتدخل السياسة ، وهى على الأكثر من أدنأ وأحط السياسات الشخصية ، فتؤثر فيما يصوبون وفيما يبطلون . إن معتنقى المادية المنطقية ، فى كل الأرض ، يضعون العلوم الفيزيائية من التقدير فى الموضع العالى ، ويتحدثون فى ذلاقة وفى ثقة عن المنهج العلمى . ولكن عند ما يؤخذ نص خاص من نصوص هذا المذهب الفلسفى فيحول إلى مبدأ رسمى من مبادىء حزب لا يأذن لذى رأى مخالف أن يقوم إلى جانبه ، عندئذ لا يمكن أن يكون للعلم استقلال ولا للفكر حرية . وليس معنى هذا أن البحث العلمى لا يشجع ، إنه يشجع بقوة ، فى مساحات واسعة ، وتشجع التكنولوچيا . وإنما الذى أسأل عنه الحرية العلمية الحقيقية ، أيبقى منها شىء فى مجتمع يجب على كل ما ينشأ به من آراء فلسفية أن ينسجم مع ما يتخذ الحزب من مبادئ ؟ إن هذا السؤال ينشأ غصباً ما أمعن الرجل منا النظر فى تاريخ الحزب الشيوعى .

فى مقال عنوانه « لينين والمسائل الفلسفية التى بالفيزياء الحديثة » ، نشر فى برافدا فى مايو عام ١٩٤٩ ، كتب س . ا . ڤاڤيلوف ، رئيس أكاديمية العلوم فى الاتحاد السوفيتى يقول :

« إن الفيزياء السوفيتية ، كالعلم السوفيتى ، دخلا فى حياة الدولة من زمن بعيد ، ووجها كل قواهما إلى خدمة بلدنا هذا ، لاستيفاء كل الحاجات اللازمة لبناء مجتمع شيوعى » .

« والفيزياء الشيوعية تبنى عملها على ما اعتنق العالم من المادية المنطقية ، تلك التى رفع من أمرها تآليف لينين وستالين ، وهى تآليف أمدتهما

العبقرية فيها بروح منها . ولكنا لا يمكن أن نغفل حقيقة واقعة ، تلك أن بعضاً من فيزيائيينا ما زال عندهم بقايا من آراء من المذهب التصورى Idealism اكتسبوها من قراءة غير نقادة لما ينشر القوم فى الأمم الرأسمالية .

« إن من أخطر الواجبات علينا أن نحارب هذه البقايا من ذلك المذهب المنقرض ، بالنقد الذى لا يرحم ، نقد لغيرنا ونقد لأنفسنا . إن خطر هذه البقايا خطر عظيم . وعلى الفيزيائيين أن يكونوا أكثر نشاطاً فى محاربتها . . . »

ولعل من أشد ما يكشف عن الموقف اليوم عند السوفيت ما جاء فى مقال نشرته المجلة الأسبوعية الإنجليزية ، ناتشر Nature ، فى مايو عام ١٩٥٠ . وهو لعضو من معهد علم الوراثة التابع لأكاديمية العلوم بموسكو . وفيه يرد على كلمة كتبها هكسلى يقول فيها : « إن أمة فى العلم عظيمة قد أنكرت صفة العلم الكلية وصفته الدولية » . قال العالم الروسى : إن هذه دعوى باطلة . واستمر يقول : « إن العلم السوفيتى لم يقبل هذه الآراء الرجعية يوماً حتى يجحدها » ثم هو يقول : « إننا أعلنا مراراً ولا نزال نعلن أن العلم ، وإذاً فالعلم السوفيتى ، إنما هو علم حزبى ، علم طبقى... إن الطبقات المتوسطة ومن يصوغون لها مذاهبها ، سواء كانوا بيولوجيين أو غير بيولوجيين ، كانوا دائماً فى خوف أن يقروا صفة العلم الحزبية وكل هذا الكلام الفارغ ، من كلية العلم ، ودولية العلم ، لا يستخدمه هكسلى إلا لخدمة أهدافه

إن الرجل منا عند ما يقرأ كلاماً كهذا ، ويعلم أنه جاء من عالم

روسى فى عام ١٩٥٠ ، لا يكاد يخال أنه يقرأ شيئاً مما ألف فوق هذه الأرض . إن العلم ، كما وصفته ، وكما عرفته ، ليس هو العلم الذى يراه تابع لحزب أنه العلم . إن كل ما ارتآه العلماء جميعاً ، فلم يكد يشذ منهم فيه أحد ، فى أمر العلم ، قد جحده وسخر منه القابعون وراء الستار الحديدى . وبهذا انقطع ما بين الطائفتين من العلماء ، علماء ما أمام الستار وما وراءه . وكل تعاون يأتى به القدر بينهما ،وكل تبادل لمعلومات ، سيكون من قبيل الحادث السعيد غير المنتظر . واختصاراً كل العلم الذى عليه أن ينسجم وأوامر تصدرها اللجنة التنفيذية للحزب الشيوعى لا بد من أن ننظر إليه بحسبانه ظاهرة اجتماعية جديدة . فليست المقالات العلمية بموسكو هى وحدها التى عليها رقابة بحسبانها قد تتضمن أسراراً حربية ، ولكن نفس الكتاب عليهم ضغط اجتماعى خاص كبير .

وإن كانت الأحوال هى هكذا تجرى ، أفيكون من ذلك أن نكفر بالرأى الذى يقول إن تقدم العلم عمل دولى من شأن كل الأمم ؟ لا ، أبداً . إنما الذى نصنعه أن نترك فى شىء كثير من التردد أمر هؤلاء العلماء فيما وراء الستار الحديدى ، بحسبان أنهم فئة خاصة غير فئات سائر العلماء . إنهم يخالفون سائر العلماء فيما يعتقدون ، فهذا السائر عنده أن العلم لا تقف به حدود أمة أو حدود دولة . ولكن ما دام أن طوائف العلماء فى الأمم الحرة قد فقدت إلى حين ولاء علماء ما وراء الستار الحديدى ، فعلى هذه الطوائف أن تزيد فى حرية العلم ،وترفع عنه السرية ، وتكسبه تلك الصفة الدولية التى يجب أن تكون له دائماً . حتى لو أدى الأمر إلى أن النتائج العلمية تسير من الأمم الحرة ، إلى الأمم القابعة وراء

الستار ، ولا تسير نتائج مثلها فى عكس هذا الاتجاه ، إن من الحكمة مع هذا أن نبقى على التقليد بإباحة العلم يجرى فى الأمم فى أى طريق شاء .

إنه فى المنافسة الصناعية القائمة اليوم بين الشركات ، ستجد كل شركة تطلب التقدم أن كسبها سيكون فى تقدم العلم . لهذا تستطيع الولايات المتحدة ، بحسبانها أمة ، أن تنتفع أكثر من أى أمة أخرى باستمرار البحوث العلمية ، والإبقاء على ما بها من حيوية . إننا لدينا الكفاية من الرجال ومن الجهاز اللازم للبحث التطبيقى والتنشئة الهندسية . ونحن على استعداد لتقبل كل ما يخرج من جديد النظريات وجديد المكتشفات فى إبان خروجها من معامل البحوث العلمية البحتة ، وأن ننتفع بها أكبر انتفاع . لهذا وجب علينا تشجيع العلم، وتشجيع البحث، وحرية النقاش ، وحرية النشر ، ولا نبالى بالذى قد تصنعه أى أمة أخرى ، ولا بالذى قد يأتى به الزمان من شدة .

الفهرس الأبجدى

(ا)

(ب)

(ت)

(ث)

(م)

(و)

تم طبع هذا الكتاب بالقاهرة
على مطابع دار المعارف
سنة ١٩٦٣

هذا الكتاب

يسد هذا الكتاب نقصًا لا شك فيه فى المكتبة العربية بما يتيحه للقارئ من الإحاطة السريعة بتاريخ العلم والتطورات العظيمة التى سارت فيها حضارتنا حتى وصلت بنا إلى العصر الحاضر ، عصر العلم ، عصر الذرة . فهو مساهمة صادقة من عالم أمريكى فحل هو كونانت رئيس جامعة هارڤارد وعالم مصرى عربى كبير هو الدكتور أحمد زكى مدير جامعة القاهرة سابقاً فى تنشيط الثقافة العلمية فى البلاد العربية .

وضع تصميم الغلاف الفنان عبد الفتاح محمد هيكل

تنشره دار المعارف بالاشتراك مع مؤسسة فرانكلين

كتاب لا بد أن يقرأ

٨٠٠ م.